

Sh.A. Sadullayeva, D.F. Yusupov, F. Yusupov

SUN'IY INTELLEKT VA NEYRONTO'RLI TEXNOLOGIYALAR



**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI**

URGANCH DAVLAT UNIVERSITETI

**SADULLAEVA SHAXLO AZIMBOEVNA
YUSUPOV DAVRONBEK FIRNAFASOVICH
YUSUPOV FIRNAFAS**

**SUN‘IY INTELLEKT VA NEYRONTO‘RLI
TEXNOLOGIYALAR**

5330100 – Kompyuter ilmlari va dasturlash texnologiyalari (yo‘nalishlar
bo‘yicha)

5130300 – Matematik injiniring ta‘lim yo‘nalishi uchun

5130200 – Amaliy matematika

O‘QUV QO‘LLANMA

**“Mahalla va Oila” nashriyoti
Toshkent – 2022**

KBK: 32.813ya73
S 17
UO‘K: 004.8(075.8)

ISBN 978-9943-7728-7-8

Sadullayeva Sh.A., Yusupov D.F., Yusupov F.

Sun'iy intellekt va neyronto'rli texnologiyalar [Matn] : o'quv qo'llanma / Sh.A. Sadullayeva, D.F. Yusupov, F. Yusupov. – Toshkent: Mahalla va Oila, 2022. - 192 b.

O'quv jarayonida kompyuterlashgan zamonaviy neyrotexnologiyalaridan foydalanish o'qituvchini texnikaviy va texnologik jihatdan qo'llab quvvatlaydi, o'quvchilar bilan jonli muloqot qilishi natijasida anchagina vaqtni tejashga erishiladi, natijada o'quvchilar bilan bo'ladigan muloqot insoniy hamda individual tarzda, o'zaro yaqin munosabatda, ustoz-shogird ko'rinishida sodir bo'ladi, o'quvchilarda yangi motivlar paydo qlishga ko'maklashadi.

Mazkur o'quv qo'llanma oliy ta'lim muassasalarining 5130300 – Matematik injiniring ta'lim va 5330100-Kompyuter ilmlari va dasturlash texnologiyalari (yo'nalishlar bo'yicha) yo'nalishlari, 5130200 – Amaliy matematika o'qituvchilari va talabalari uchun mo'ljallangan.

Mualliflar:

- Sh.Sadullaeva** – Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti
- D.Yusupov** – Urganch davlat universiteti Axborot texnologiyalari kafedrası katta o'qituvchisi
- F.Yusupov** – Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Urganch filiali Dasturiy injiniring kafedrası dotsenti, t.f.n., dotsent.

O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 2021-yil 25-dekabrda 538-sonli buyrug'iga asosan 5A330601 – Dasturiy injiniring, 5130300 – Matematik injiniring, 5111018 – Informatika va AT bakalavr ta'lim yo'nalishi talabalari uchun o'quv qo'llanma sifatida tasdiqlangan. (Guvohnoma № 878-461)

© Sadullayeva Sh.A., Yusupov D.F., Yusupov F.
© “Mahalla va Oila” nashriyoti, 2022.

KIRISH

O‘zbekiston mustaqillikka erishgach, hayotimizning barcha jabhalarida bo‘lganidek, ta‘lim tizimida ham islohotlar yo‘lga qo‘yildiki, bunda ta‘lim-tarbiya jarayoniga zamonaviy axborot texnologiyalarini olib kirish, ta‘limni kompyuterlashtirish muammolarini hal qilish muhim ahamiyat kasb etadi. Xususan, O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha Harakatlar strategiyasida “Uzluksiz ta‘lim tizimini yanada takomillashtirish, sifatli ta‘lim xizmatlari imkoniyatlarini oshirish, mehnat bozorining zamonaviy ehtiyojlariga mos yuqori malakali kadrlar tayyorlash, ta‘lim va o‘qitish sifatini baholashning xalqaro standartlarini joriy etish” kabi ustuvor vazifalar belgilab berildi. Bu esa informatika fanini o‘qitish mazmunini axborot kommunikatsiya texnologiyalarini qo‘llash sohalari talablarini hisobga olib maqsadli yo‘naltirilgan holda innovatsion tashkil etishning metodik tizimini takomillashtirishni taqozo etadi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha Harakatlar strategiyasi to‘g‘risida” farmonida “Respublika oliy ta‘lim muassasalarida axborot texnologiyalarini ta‘lim jarayonida qo‘llashni yangi usul va vositalar yordamida tashkil etish” ustuvor vazifa sifatida belgilanib, bu borada Informatika fanini boshqa fanlar bilan uzviyligini hisobga olgan holda, mantiqiy strukturalab o‘quv jarayonini tashkil qilish uchun zamonaviy kompyuterlashgan o‘quv-uslubiy ta‘minotlarni yaratish mexanizmlarini takomillashtirish, rivojlantirish muhim ahamiyat kasb etadi [1-6]. Mazkur dasturlar doirasida Respublika oliy ta‘lim muassasalarida axborot texnologiyalarini ta‘lim jarayonida qo‘llashni yangi usul va vositalar yordamida tashkil etish, masofadan turib o‘qitish va kompyuterlashtirilgan anjumanlar o‘tkazishga erishish, elektron darsliklar yaratish va ularni o‘quv-tarbiya jarayonida qo‘llashga qaratilgan tadbirlar, ta‘limni isloh qilish bo‘yicha nufuzli loyihalar, ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda.

«Kadrlar tayyorlash milliy dasturi» ta‘lim tizimi oldiga yangi pedagogik va axborot texnologiyalarini ishlab chiqish va ularni o‘quv-tarbiya jarayoniga qo‘llash masalalarini rejalashtirib, uzluksiz ta‘lim bosqichlarida o‘quv jarayonini axborot texnologiyalari bilan

ta'minlashni yuksaltirish kabi dolzarb muammolarni hal qilish vazifalarini ko'ndalang qilib qo'ymoqda [3,4,5].

Zamonaviy psixologiya-didaktika ilmda, o'quv jarayonini ilmiy- texnikaviy taraqqiyotining gurkirab rivojlanayotgan axborot va kompyuter texnologiyalarining imkoniyatlarini hisobga olgan holda tashkil qilishda, ilmiy metodologik asosda o'quv materialini tarkibini tanlashda hamda uni axborot kommunikatsiya texnologiyalariga mos ravishda strukturalashtirishga, yondashishga yetarlicha metodologiya va texnologiya ishlab chiqilmagan. Hozirgi sharoitdagi hech bir o'quv predmeti (fani) integrallashgan avtomatlashtirilgan o'qitish konsepsiyasiga to'laqonli javob bera olmaydi [6]. Natijada axborot kommunikatsiya vositalaridan (AKV) o'quv amaliyotida foydalanish juda katta qiyinchiliklar tug'dirmoqda yoki umuman olganda, bunday yondashuvlar samarasiz bo'lib chiqmoqda, chunki, o'quv materialini to'g'ridan-to'g'ri AKV zimmasiga yuklashdan hech qanday naf yo'q. Shu boisdan ham o'quv predmeti fanning nazariy jihatdan tarkibiy qismlarini tanlash va uni AKV dan unumli foydalanish uchun o'quv materialini mantiq tamoyillari asosida strukturalashtirish, mantiqan tugallangan tayanch tushunchalar to'plami darajasida tavsiflash, tayanch elementlar asosida fanni o'rganishning mantiqli graf-sxemasini qurish va uning asosida AKV yordamida predmetni o'zlashtirishning o'quv jarayonini samarali tashkil qilish dolzarb muammolardan biri hisoblanadi.

Buning natijasida o'quv predmetining ilmiy jihatdan mantiqiy asoslanganligi, aniqlik, tushunarlilik, mantiqiy izchillik hamda AKVdan unumli foydalanish darajasining mukammallashganligi ta'minlanadi, yana shuni ta'kidlash joizki, predmetning strukturalashtirilgan mantiqli sxemasi elektron darsliklar yaratish uchun asos bo'lib xizmat qiladi.

Texnika oliy o'quv yurtlarida muhandislarni tayyorlash jarayonini takomillashtirishga va ularning kasbiy tayyorgarligiga qo'yilgan davlat ta'lim standartlari talablarini amalga oshirishga oid ilmiy-tadqiqot, loyiha-amaliyot ishlarini olib borish, jumladan, fanlarni mantiqiy graf-sxema asosida neyro texnologiya uslublaridan foydalanib o'qitishni faollashtiruvchi metodologiya va texnologiyalarni ishlab chiqish, bo'lajak muhandislarda kasbiy

faoliyatga oid o'quv-tarbiya jarayonini samarali tashkil etishning shakl, metod va vositalari, yangi pedagogik va axborot texnologiyalarini o'quv jarayoniga qo'llash metodlari, "Informatika va AT" fanini boshqa fanlar bilan uzviylikini hisobga olgan holda, mantiqiy strukturalashtirilgan tarzda o'quv jarayonini tashkil qilish uchun o'quv-uslubiy ta'minotlarni yaratish kabi ishlarning yetarli darajada olib borilmayotganligi mazkur o'quv qo'llanmaning dolzarbligini belgilaydi.

Neyron to'rlari juda yangi hisoblangan va yanada kelajagi porloq hisoblash texnologiyasidir, uning yordamida xalq xo'jaligining turli sohalariga oid dinamik masalalarni o'rganish, uning asosida samarali yechimlar qabul qilish mumkin, chunonchi iqtisodiyot, texnikaviy obyektlarni boshqarish, texnologik jarayonlarni nazorat qilish va shu kabi sohalarda. Endilikda neyron to'rlaridan o'quv jarayonini tahlil qilish va metodik boshqarish masalalarini hal qilishga tadbiiq etilmoqda. Neyron to'rlari, dastavval, obrazlarni anglash sohasida o'zining yangi samarali imkoniyatlarini ochib berdi. Undan keyin bunga statistik va sun'iy intellekt metodlariga asoslangan yechim qabul qiluvchi jarayonni hamda moliya sohasidagi masalalarni yechishni qo'llab-quvvatlovchi vositalar qo'shildi.

Nochiziqli kechadigan jarayonlarni modellashtirishga bo'lgan, shovqinli ma'lumotlar bilan ishlash va moslashish imkoniyatlari texnika-iqtisodiy sohaning keng ko'lamdagi masalalarni yechish uchun neyron to'rlarini tadbiiq qilish, undan foydalanish juda katta imkoniyatlar yaratadi. Oxirgi o'n yillar mobayinida neyron to'rlari asosida juda ko'p miqdorda dasturiy vositalar majmuasi, sistemasi yaratildi va ulardan muvaffaqiyatli foydalanib kelinmoqda.

Neyron to'rlaridan foydalanishning mohiyati iqtisodiy sohada shundan iboratki, bu yangi usul, metod oldingi an'anaviy ishlatilib kelinayotgan metodlarni istisno, chetga surib tashlamaydi ya'ni velosipedni yangidan yaratmaydi, balki bu neytron to'rlari yuqorida keltirilgan masalalarni yechish uchun yaratilgan, yangi imkoniyatlarga ega hisoblash vositasidir.

I BOB. SUN'IY INTELLEKT, UNING ALGORITMLARI

1.1. Sun'iy intellekt texnologiyalari

Sun'iy intellekt (SI) - bu tezkor hisoblash muhitda algoritmlar yaratish va qo'llash orqali insonning aql-idrok jarayonlarini taqlid qilish uchun zamindir. Sodda qilib aytganda, sun'iy intellekt kompyuterlarni odam kabi o'ylash va yechim topishga yo'naltirilgan texnologiya [7,8,9].

Ushbu maqsadga erishish uchun uchta asosiy komponent talab qilinadi:

- Hisoblash tizimlari (katta quvvatli kompyuterlar).
- Katta ma'lumotlar va ularni boshqaruvi.
- SI algoritmlari (dasturiy kod).

Natija inson aqliga qancha yaqin bo'lishi istalsa, shuncha ko'p ma'lumotlar va hisoblash resurslari (kuchi) talab etiladi.

Sun'iy intellekt tushunchasi qanday paydo bo'lgan?

Miloddan avvalgi birinchi asrdan boshlab insonlar odam miyasini taqlid qiladigan mashinalar yaratish imkoniyatiga qiziqishgan. Bizning davrimizda sun'iy intellekt atamasi 1955- yilda Jon Makkarti (John Maccarthay) tomonidan kiritilgan. 1956- yilda Makkarti va boshqalar *Sun'iy intellekt bo'yicha Yozgi Dartmut Tadqiqot Loyihasi* konferensiyasini tashkil etishadi. Ushbu tashabbus mashina o'rganishi, chuqur o'rganish, bashoratli tahlillar kabi ko'p ixtirolar qilinishiga olib keladi. Undan tashqari, bu tashabbus yangidan-yangi sohani - ma'lumotshunoslikni (data science) keltirib chiqaradi.

Sun'iy intellekt nima uchun muhim?

Bugungi kunda, odamlar va mashinalar faoliyati natijasida hosil bo'layotgan ma'lumotlar hajmi, odamlarni ushbu ma'lumotlarni o'zlashtirishi, talqin qilishi va murakkab qarorlarni qabul qilishi qobiliyatidan ancha ustundir. Sun'iy intellekt kompyuterlarni o'rgatish uchun asos bo'lib, murakkab yechimlar topishning kelajagi hisoblanadi. Misol tariqasida, «krestiki-noliki» o'yinida, aksariyat odamlar qanday qilib yutqazmaslikni osonlik bilan tushunishi mumkin. Vaholanki, bu o'yinda 255168 ta noyob (unikal) harakatlar mavjud bo'lib, ulardan 46080 tasi durang bilan tugaydi. Shashka

o'yinining buyuk chempioni deb hisoblanadigan odamlar soni esa ancha kam. Chunki bu o'yinda 500×10^{18} yoki 500 kvintilliondan ko'p turli potensial harakatlar mavjud. Kompyuterlar ushbu kombinatsiyalarni va harakatlarni hisoblashda, hamda eng yaxshi yechim topishda nihoyatda samaralidir. SI (va uning mashina o'rganishida mantiqiy evolyusiyasi) va chuqur o'rganish biznes qarorlarni qabul qilishning asosiy kelajagi hisoblanadi. SI iqtisodiyot sektorining barcha sohalarida to'g'ri yechim topish kelajagining poydevor texnologiyasidir.

Sun'iy intellektdan foydalanish sohalari.

Sun'iy intellektni tadbiiq qilinishini hayotimizning kundalik holatlarida kuzatishimiz mumkin. Masalan, moliyaviy xizmatlarda firibgarlikni aniqlash, chakana savdoda mahsulotlarga ehtiyojni bashorat qilish, mijozlar bilan onlayn muloqot qilish yoki masofaviy qo'llab-quvvatlash xizmatlarini amalga oshirishda:

• **Firibgarlikni aniqlash.** Moliyaviy xizmatlar sanoati sun'iy intellektni ikki usulda qo'llaydi. Kredit olish uchun arizalarni dastlabki tahlilida sun'iy intellekt kreditga layoqatlikni tushunishda yordam beradi. Yanada rivojlangan SI yechimlari esa plastik kartalarining operatsiyalarini real vaqt kesimida kuzatish va firibgarlikni aniqlash uchun qo'llaniladi.

• **Sog'liqni saqlash sohasida.** Mammografiya tahlillari asosida ko'krak bezi saraton kasalini erta tashxislash uchun SI texnologiyalaridan foydalaniladi.

• **Qishloq xo'jaligi sohasida.** Tuproq va ekinlarning holatini kuzatish, hamda o'simliklarning stress holatiga tushib qolishini oldini olish maqsadida, yerni masofadan zondlash asosida sun'iy intellekt texnologiyalari yordamida sug'orishning samarasini va tejamkorligini oshirish.

• **Transport sohasida.** Yo'l harakat xavfsizligini nazorat qilish, tirbandlikni oldini olish, hamda avtoulavlarni optimal marshrutlar bo'ylab yo'naltirish.

Sun'iy intellekt texnologiyalari. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Sun'iy intellekt texnologiyalarini jadal joriy etish uchun shart-sharoitlar yaratish chora-tadbirlari to'g'risida"gi qarorida quyidagilar belgilangan [O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Sun'iy intellekt texnologiyalarini qo'llash bo'yicha

maxsus rejimni joriy qilish chora-tadbirlari to'g'risida" gi 26.08.2021- yil 26- avgustdagi PQ-5234-sonli qarori].

Sun'iy intellekt odatda inson ongi bilan bog'liq imkoniyatlar: tilni tushunish, o'rgatish, muhokama qilish, masalani yechish, tarjima va boshqa imkoniyatlarni yaratish bilan shug'ullanadi. Sun'iy intellekt turli amallarni bajarishga mo'ljallangan algoritmlar hamda dasturiy tizimlardan iborat va u inson ongi bajarishi mumkin bo'lgan bir qancha vazifalarni bajara oladi.

Qaror bilan quyidagilar tasdiqlandi:

• 2021-2022- yillarda sun'iy intellekt texnologiyalarini o'rganish va joriy etish bo'yicha chora-tadbirlar dasturi va uning ustuvor yo'nalishlari;

• sun'iy intellekt texnologiyalarini joriy etish bo'yicha 2021-2022- yillarda amalga oshiriladigan tajriba-sinov loyihalari ro'yxati va uni qo'llash sohalari;

• sun'iy intellekt sohasida loyihalarni amalga oshirish uchun ochiq shaklda taqdim etiladigan davlat ma'lumotlari ro'yxati;

• 2021/2022-o'quv yilidan boshlab grant asosida «sun'iy intellekt» yo'nalishi bo'yicha kadrlar tayyorlash bosqichma-bosqich boshlanadigan oliy ta'lim muassasalari va ilmiy tashkilotlar ro'yxati;

• iqtisodiyot tarmoqlari, ijtimoiy soha va davlat boshqaruvi tizimida sun'iy intellekt texnologiyalarini qo'llash bo'yicha o'quv kurslari va fanlarini joriy qilish ko'zda tutilgan oliy ta'lim muassasalari ro'yxati.

Quyidagilar tashkil etilishi nazarda tutilgan:

• Axborot texnologiyalari va kommunikatsiyalarini rivojlantirish vazirligi huzuridagi Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellektni rivojlantirish ilmiy- tadqiqot instituti;

• Axborot texnologiyalari va kommunikatsiyalarini rivojlantirish vazirligi markaziy apparatida Sun'iy intellekt texnologiyalarini joriy qilish va rivojlantirish departamenti;

• Sun'iy intellektni rivojlantirish bo'yicha qo'shma alyans.

Qo'shma alyans sun'iy intellekt texnologiyalarini iqtisodiyot tarmoqlari va ijtimoiy sohada, davlat boshqaruvi tizimida joriy qilish bo'yicha ustuvor loyihalarni jadal va birgalikda amalga oshirish, ularni ishlab chiqish xarajatlarini optimallashtirish, ushbu

sohada eng yaxshi tajribalarni davlat organlari tashkilotlari o'rtasida ommalashtirish maqsadida tashkil qilinadi.

1.2. Sun'iy intellektning algoritmlari

“Eng kuchli va eng aqlli emas, balki o'zgarishlarga boshqalarga nisbatan yaxshi moslashadigangina yashab qoladi”
Charlz Darvin

“Sun'iy intellekt” ning zamonaviy tushunchasi “mashinali o'qitish” va “neyron to'rlari” tushunchalari bilan aynan mos emas, biroq bu tushunchalarni o'z ichiga oladi. Mazkur paragrafda sun'iy intellektning algoritmlari to'g'risida fikr yuritimiz. Asosiy algoritmlaridan bo'lgan izlash masalasi va buning uchun qanday asosiy strategiyalarni bilish talab qilinadi. Bilamizki, axborotli va axborotsiz izlash masalasi mavjud [10,11,12].

Sun'iy intellekt masalasini yechish uchun foydalaniladigan matematik metodlar gruppasi mavjud – fazoviy holatda izlash (*inglizchasi state space search*).

Fazoviy holatda izlash: masalani rasmiylashtirishdan yechimga.

Klassik ko'rinishdagi SI-masalasini amalda yechish muammosidan boshlaymiz. Aytaylik, uchta missioner va uchta kannibal daryoning bir tomonida turishpdi, bu yerda bitta kema mavjud bo'lib, kema faqat ikkita olamni ko'tarishi mumkin. Missioner va kanniballarni bitta kema yordamida daryoning narigi qirg'ogiga o'tkazish usulini toping. Bunda qirg'oqda missioner kam, kannibal ko'p bo'lib qolishi ta'qiqlanadi. Bu masala o'z vaqtida 1968- yilda Amarel tomonidan izchil tahlil qilingan va juda ko'p muhokamaga sazovor bo'lgan. 1960- yillarda masalaning izlash algoritmi mutaxassislarda juda katta qiziqishni uyg'otgan, shu boisdan ham masalaning yechish strategiyasi SI klassik muammolari qatoriga kiritildi. Masalani yechish strategiyasini aziz o'uvchilarga havola qilamiz.

Axborotsiz (ma'lumotsiz) izlash.

Odatda axborotsiz izlash masalasida beshta strategiya o'rganiladi – bunda masalaning shartida berilgan axborotdan

tashqari hech qanday axborot ishlatilmaydi. Axborotsiz izlashning beshta strategiyasi quyidagilar:

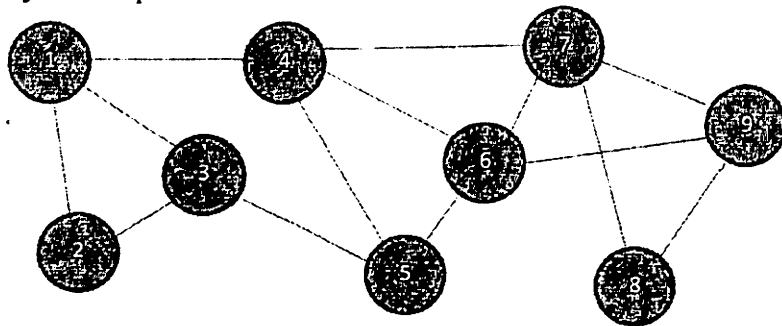
- kenglik bo'yicha izlash;
- chuqurlik bo'yicha izlash;
- chuqurlikni cheklanganlik bo'yicha izlash;
- ketma-ket chuqurlashish bilan chuqurlik bo'yicha izlash;
- baho mezoni bo'yicha izlash;
- ikki yo'nalishli izlash.

Kenglik bo'yicha izlash (**Breadth first search, BFS**) algoritmini ko'rib chiqamiz. Masalaning qo'yilishi:

• Kenglik bo'yicha izlash algoritmi grafni o'tib chiqish va eng qisqa yo'l izlash metodi hisoblanadi.

- Kiruvchi ma'lumotlar:
- Graf, boshlang'ich uch, oxirgi uch.

• Maqsad: boshlang'ich uchda oxirgi uchgacha boradigan eng qisqa yo'lni topish.



Belgilash kiritamiz:



Hozir qaralayotgan uch



Navbatga qo'yilgan uch

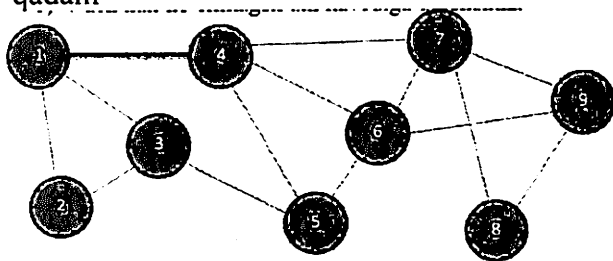


Navbatdan o'chirilgan uch

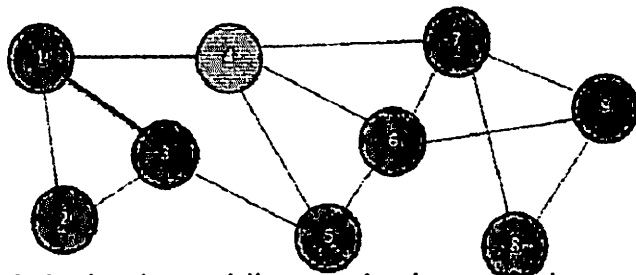


Hozir qaralayotgan qirra

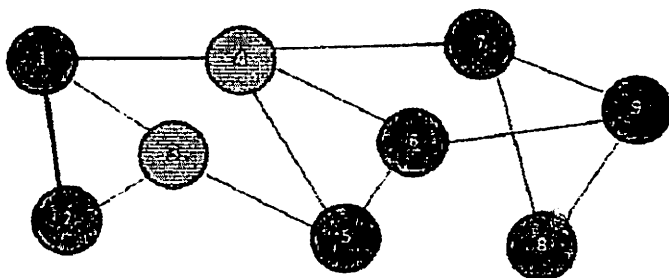
1-qadam



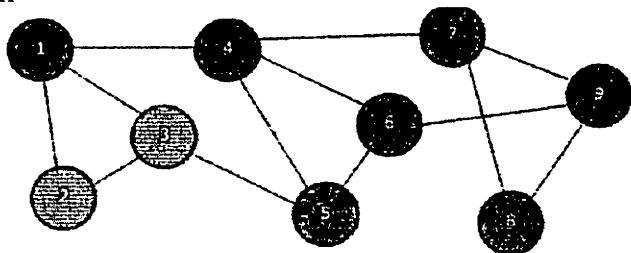
2-qadam



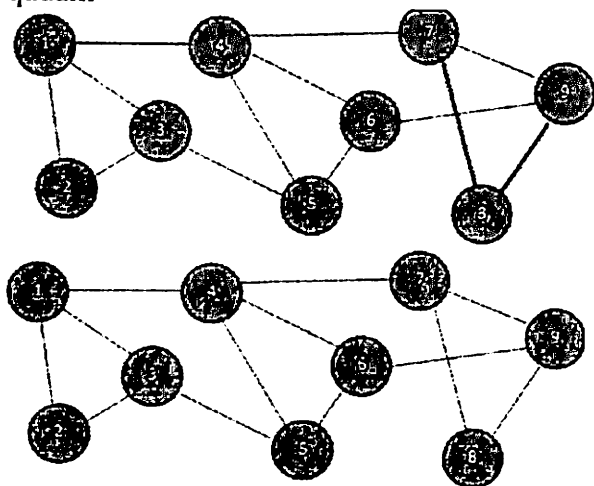
3-qadam



4-qadam

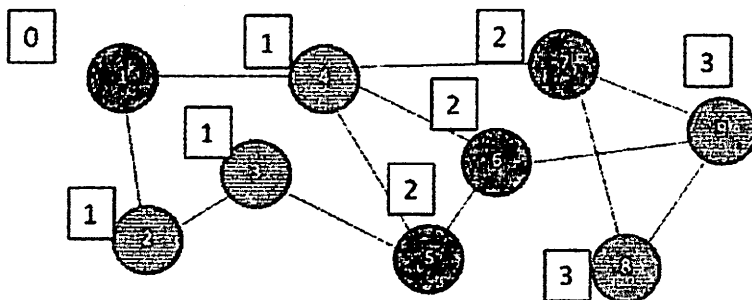


5-qadam



• Shuning bilan barcha uchlari va barcha bogʻlanishlar bir martadan koʻrib chiqiladi. Natijada boshlangʻich uchga bogʻlangan barcha uchlari koʻrib chiqiladi.

• Algoritm ishlash vaqti $O(n+m)$. n – uchlari soni, m – bogʻlanishlar soni.

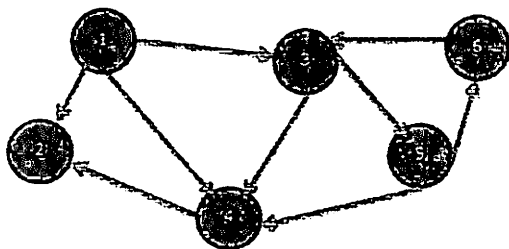


Chuqurlik boʻyicha izlash (inglizcha Depth-first search, DFS).

• Chuqurlik boʻyicha izlash (inglizcha Depth-first search, DFS) graflar nazariyasining eng muhim algoritmlaridan biri grafni oʻtib chiqish uchun qoʻllaniladi.

• Chuqurlik boʻyicha izlash algoritmi strategiyasi uning nomiga mos ravishda grafda chuqurlik boʻyicha qancha borish mumkin boʻlsa, shuncha yuradi, toki yoʻl qolmagunga qadar.

Berilgan yo'nalishli graf:



Tugunlar soni – 6 ta, qirralar soni – 9 ta. Tugunlarning bog'lanishlari:

1-2, 1-3, 1-4, 3-4, 3-5, 4-2, 5-4, 5-6, 6-3.

Uchlarning holatlari:



– Hozir biz turgan uch.



–Tashrif buyurilgan(ko'rilgan) lekin hali aktiv uch, ya'ni undan hali ortga qaytilmagan.



–Hali ko'rilmagan uch

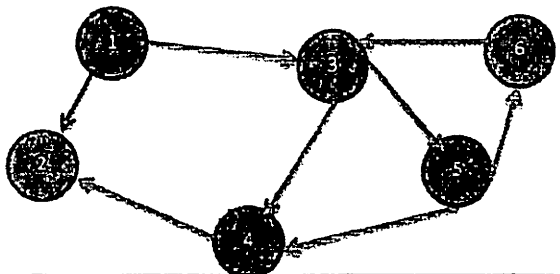


–Undan chiqib ketilgan uch.

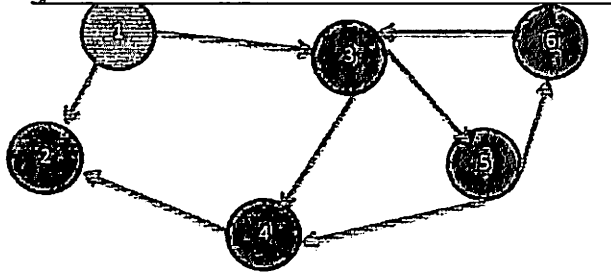


–Hozir qaralayotgan qirra

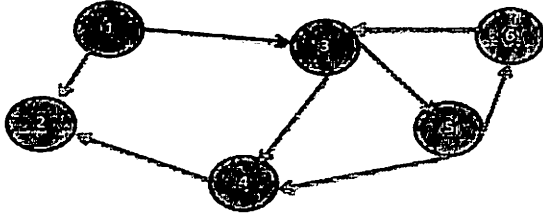
1-qadam



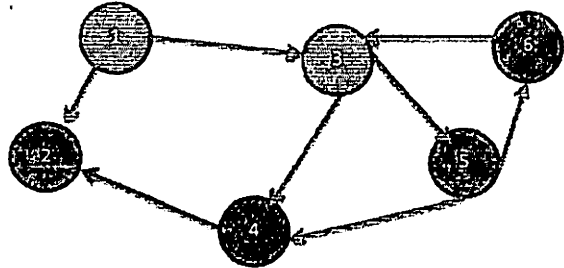
2-qadam



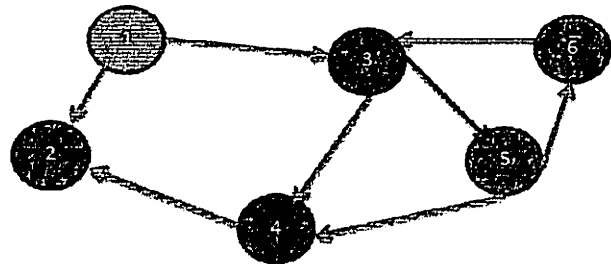
3-qadam



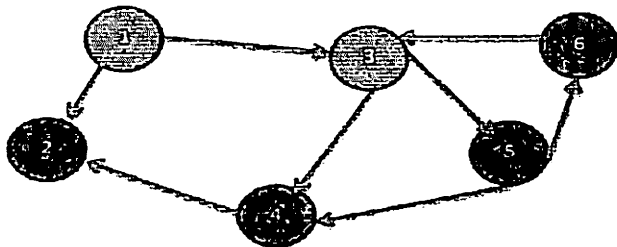
4-qadam



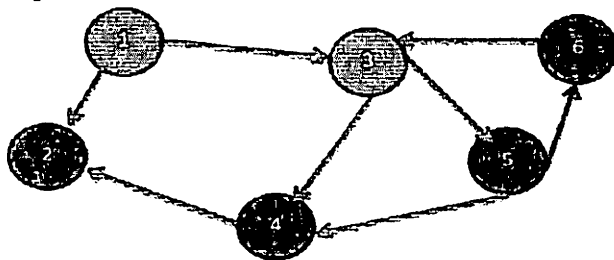
5-qadam



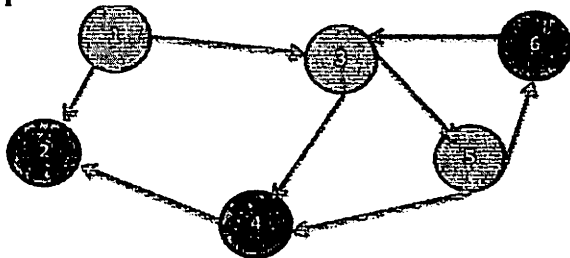
6-qadam



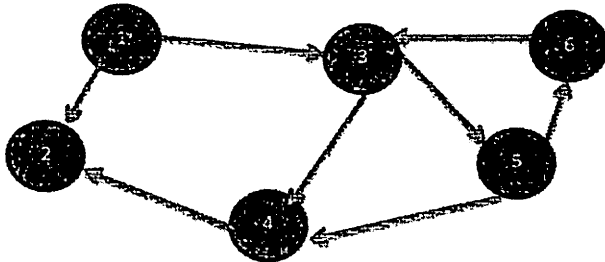
7-qadam



8-qadam



va hakoza



Algoritmni ishlash vaqti:

• Barcha uchlar va barcha qirralar ko'rib chiqiladi. Demak, algoritmning umumiy ishlash vaqti $O(n+m)$.

• Bu yerda n – uchlar soni, m – qirralar soni.

• Agar bog'lanishlar qo'shnilik **matritsasida** berilsa u holda $O(n^2)$

Algoritmni qo'llanilishi:

• grafning komponentalarni aniqlash.

• leksikografik tartibdagi birinchi yo'lni aniqlash.

• grafni ikki rangga bo'yash.

• grafda ajralish nuqtalarini topish.

• grafda ko'ptiklarni topish.

• kun algoritmidagi (grafni maksimal juftliklarga ajratish).

• Ierarxik grafda bir uch ikkinchi uchning ajdodi ekanligini yoki eng kichik umumiy ajdodni (LCA) tezkor topish.

Agar ko'proq ma'lumotlarni bilmoqchi bo'lsangiz, «Искусственный интеллект: современный» (Styuart Rassel, Piter Norvig) kitobini o'qishni tavsiya qilamiz.

Axborotli (ma'lumotli) izlash algoritmi [10,11]. Axborotli izlash strategiyasi, umuman olganda, yechimni izlashni ancha samarali ta'minlaydi. Bunday algoritmlarning umumiy prinsipi – birinchi mos tushishni izlash (Best-First-Search).

Ochko'z izlash birinchi eng yaxshi mos kelish bo'yicha, yoki ochko'z izlash "birinchi – yaxshi", ko'p jihatdan chuqurlik bo'yicha izlash algoritmiga o'xshash, ammo u shunday tugunni tanlaydiki, u boshlang'ich nuqtaga yaqin bo'ladi. Bu algoritmda shunday bir baholash funksiyasi (evristik) mavjud, ko'rilayotgan tugun maqsadga yetish tugunidan qanchalik uzoq ekanligini ifodalovchi. Bu algoritm ham chuqurlik bo'yicha izlash algoritmi kabi optimal emas, bundan tashqari to'liq emas.

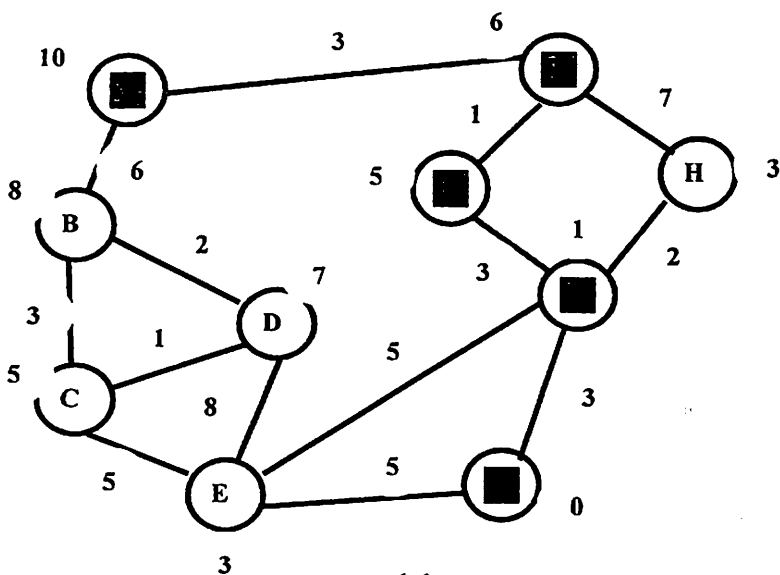
Turli evristik baholash funksiyalariga ega bo'lgan algoritmlar oilasi mavjud. Algoritmning bir-biridan farqlanishi ifodalanadigan evristik funksiyalarga bog'liq, ya'ni $h(n)$: $h(n) =$ biror tugundan p tugunga boradigan yo'lni yuqori qiymatli bahosi. Misol tariqasida ochko'z izlash algoritmini (A^* algoritmi) ko'rib chiqamiz.

Masalaning qo'yilishi. Quyidagi grafda (1.1-rasm) A tugundan J tugungacha bo'lgan eng qisqa va eng kam qiymatli yo'lni izlash zarur.

Maqsad. Yechimning umumiy bahosini qiymatini minimallashtirish. A* izlash – eng yaxshi mos keladigan eng mashhur izlash algoritmi. Algoritmning samaradorligi baholash funksiyasi bilan xarakterlanadi – har bir qadamda algoritm ancha ratsional yechimni qabul qiladi. Matematik ko'rinishda quyidagicha ifodalash mumkin:

$f(n)$ = biror tugundan p tugunga boradigan yo'lning yuqori qiymatli bahosi.

$f(n) = g(n) + h(n)$, bu erad $g(n)$ — birorta tugunga boradigan yo'lning qiymati, $h(n)$ — birorta tugundan maqsadgacha boradigan yo'lning qiymati.



1.1-rasm.

Algoritmni ishlashini qadamba -qadam ko'rib chiqamiz.

1-qadam:

- A tugundan harakatni boshlaymiz.
- A tugundan B va F tugunga borish mumkin.

A* algoritm $f(B)$ va $f(F)$ larni qiymatini hisoblaydi.

• $f(B) = 6 + 8 = 14$

• $f(F) = 3 + 6 = 9$

• $f(F) < f(B)$ bo'lgani uchun, F tugunga boriladi deb echim qabul qilamiz.

Yo'l: $A \rightarrow F$

2-qadam:

F tugundan G va H tugunga borish mumkin.

A* algoritm $f(G)$ va $f(H)$ larni qiymatini hisoblaydi.

• $f(G) = (3+1) + 5 = 9$

• $f(H) = (3+7) + 3 = 13$

$f(G) < f(H)$, bo'lgani uchun, G tugunga boriladi deb yechim qabul qilamiz.

Yo'l: $A \rightarrow F \rightarrow G$

3-qadam:

G tugundan faqat I tugunga borish mumkin.

A* algoritm faqat $f(I)$ ni qiymatini hisoblaydi.

• $f(I) = (3+1+3) + 1 = 8$

I tugunga boriladi deb yechim qabul qilamiz..

Yo'l: $A \rightarrow F \rightarrow G \rightarrow I$

4-qadam:

I tugundan E, H va J tugunlarga borish mumkin.

A* algoritm $f(E)$, $f(H)$ va $f(J)$ larni qiymatini hisoblaydi.

• $f(E) = (3+1+3+5) + 3 = 15$

• $f(H) = (3+1+3+2) + 3 = 12$

• $f(J) = (3+1+3+3) + 0 = 10$

$f(J)$ qiymati eng kichik bo'lgani sababli, J tugunga boriladi deb yechim qabul qilamiz.

Yo'l: $A \rightarrow F \rightarrow G \rightarrow I \rightarrow J$

Yo'lni eng kam qiymatli bahosi $f(J) = 10$.

1.3. Sun'iy intellekt. Genetik algoritm

Genetik algoritm: tabiiy tanlashga asoslangan sun'iy intellekt instrumenti sifatida. Bilamizki, evolyasiyaning asosiy postuloti irsiy o'zgaruvchanlikdir, uning harakatlantiruvchi kuchi esa – yashash uchun kurash va tabiiy tanlash hisoblanadi.

Genetik algoritm (GA) – bu izlash va optimallashtirish algoritmi, bu algoritmning proobrazi bo‘lib tabiiy tanlovning biologik prinsipi hisoblanadi [13-17].

Genetik algoritmning ishlash prinsipi [18] (1.2-rasm).

Birinchi bosqich – ko‘payishni tashkil qilish. Mazkur holatda populyasiya – bu biologik zotlar majmuasi emas, balki muammoning yechimini mumkin bo‘lgan to‘plamlari bo‘lib, izlash fazosini tashkil qiladi (space search).

Ikkinchi bosqich – yaroqlilik funksiyasini hisoblaydi (moslashuvchanlik, fitness function). Mazkur funksiya kirishda muammoning potensial yechimini qabul qiladi (candidate solution), keyin esa uning yaroqliligini baholaydi va qiymatini beradi. Klassik genetik algoritm holatida maqsad funksiyasi va yaroqlilik funksiyasi bitta ma‘noga ega. Algoritm o‘z ishini yakunlaydi, agar kutilayotgan optimal yechimga erishilgan bo‘lsa, agar olingan qiymatni yanada yaxshilashni imkoni bo‘lmasa yoki belgilangan vaqt ichida (iteratsiyalar soni) erishilmasa. To‘xtagandan keyin o‘zi moslashgan xromosomani tanlash amalga oshiriladi. Agar algoritmni to‘tash sharti bajarilmasa, u holda tabiiy tanlash natijasida nasl qoldirish uchun xromosomalar seleksiyasi ishlab chiqariladi.

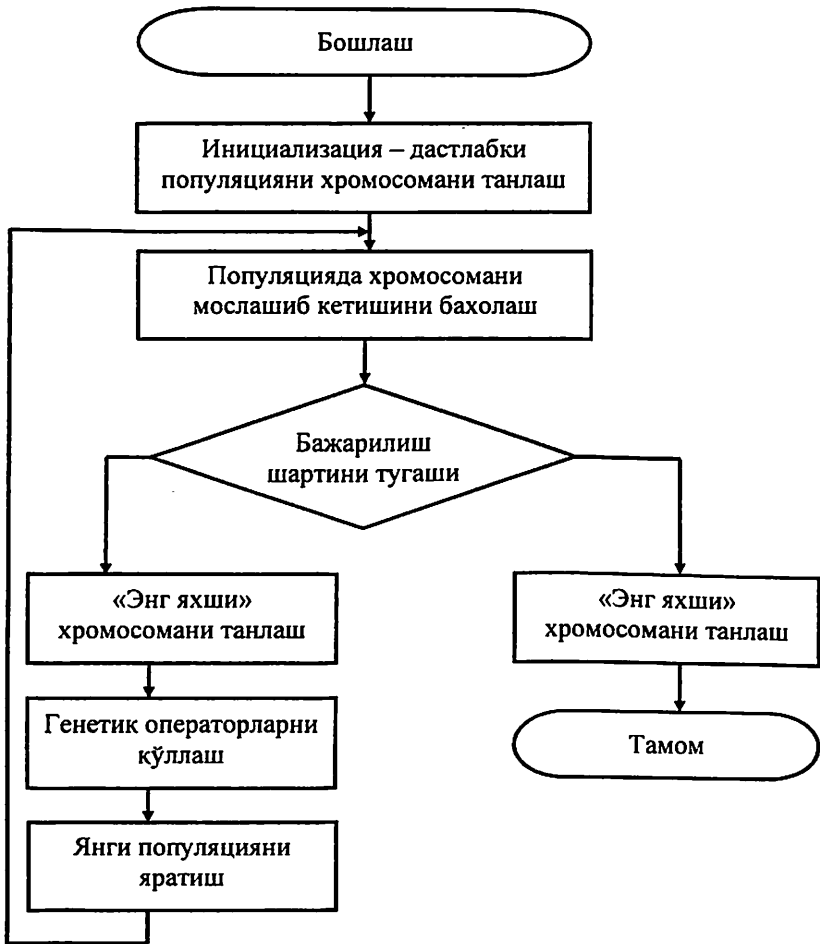
Uchinchi bosqich - chatishtirish («crossingover») va mutatsiya.

Chatishtirish, mutatsiya va seleksiya – bular genetik operatorlar. Xuddi tabiatdagiday, chatishtirish ehtimolligi mutatsiya ehtimoligiga qaraganda bir qancha darajaga yuqoriroqdir. Populyasiyada chatishtirish cheksiz ko‘p holatlarni qo‘llab-quvvatlaydi, bu ota-onaning genetik materialini qayta taqsimlashdir, natijada nasllarda genlarning yangicha birlashmalari paydo bo‘ladi. Genetik algoritmda “xromosoma” – parametrlar to‘plami, mumkin bo‘lgan yechimlarni aniqlaydigan, “gen” esa – bu “xromosoma” satrida bitta “harf”, qoidaga binoan ikkilik qiymatga ega bo‘lgan (0 yoki 1).

Mavzuni kengroq o‘rganuvchilar uchun F.Herrera, M.Losano, A.M.Sanches *Hybrid Crossover Operators for Real-Coded Genetic Algorithms: An Experimental Study* [16] maqolasini tavsiya qilamiz.

Mutatsiya – genetik operator, u birorta ehtimollik bilan «xromosomalar»ning tasodifiy pozitsiyalaridagi bitta yoki bir qancha “genlar”ni o‘zgartiradi. Mutatsiya bu genetik koddagi

o'zgarishlar. Mutatsiya tabiatda mavjud, ular nasllarni yaxshi yashab ketishiga imkoniyat yaratadimi? Bu maqola genetika to'g'risida emas, esdan chiqarmaslik kerakki, aynan shu maqola genetik algoritmi yaratuvchi olim Xolland (1975) uchun ijod manbai bo'ldi. Genetik operatorlar ta'siriga uchragan nasllar yangi populyasiyani hosil qiladi – bunda yana navbatdagi GA iteratsiyasi boshlanadi.



1.2-rasm. Genetik algoritmi blok-sxemasi

Yangitdan yaroqlilik funksiyasini qiymati hisoblanadi, tabiiy tanlov amalga oshiriladi, undan keyin esa agar belgilangan shart

bajarilgan bo'lsa, to'xtatiladi, yoki yana yangi seleksiyaga o'tiladi. Genetik algoritmi qiziqarli tadbirlaridan kommutovoyager – dayti savdogar (travelling salesman problem) masalasi, hamda ryukzakga narsalarni joylash (knapsack problem) masalasini keltirish mumkin. Bu ikkala masala asosan kombinatorika masalasi hisoblanadi. Biz oxir oqibatda optimal variantni izlaymiz. GA metodni ijobiy va salbiy tomonlarini keltiramiz.

GA ning ijobiy tomonlari. Bu algoritmi kuchli tomonlari mavjud:

- bitta yechimni emas, balki bir qancha yechimlarni tanlashni taklif qiladi;

- birdaniga bir qancha nuqtalarni o'rganadi, shu boisdan ham maqsad funksiyasi lokal ekstremumga yopishib qolmaydi;

- muhitning shart-sharoitlarini o'zgarishi mobaynida optimizatsiya to'xtovsiz amalga oshiriladi, populyatsiya esa moslashishga harakat qiladi;

- NP-hard muammo uchun qoniqarli yechimni taklif qilishi mumkin;

- parallel hisoblashlarni amalga oshiradi;

- turli xil parametrlil masalalarni yechish uchun yaroqli (asosiysi – mos keluvchi yaroqlilik funksiyasini berish).

GA ning salbiy jihatlari:

- “oddiy yaxshi yechim” – bu ayrim hollarda kamchilik;

- izlash fazosida juda ko'p nuqtalar - bu ham ayrim hollarda kamchilik;

- Masalani gen va xromosoma terminlarida qo'yish ko'pchilik hollarda qulay emas.

GA qo'llab yechiladigan masalalar bir butun spektr: NASA ni antenasini yaratishdan tortib to beloklarning strukturasi anglab yetadigan programmalarni ishlab chiqish.

GA moliyaviy ishlarda iqtisodiy agentlarni modellashtirish uchun samarali qo'llanilmoqda. Qiziqarli masalalardan bittasi – moliyaviy portfelni optimallashtirish (portfolio optimization). O'yinlar nazariyasida optimal strategiyani aniqlash uchun. Robototexnikada insonga o'xshagan robotlarni boshqarish uchun qo'llanilmoqda, marshrutni rejalashtirishni optimallashtirish (routing) masalalarida. Samolyotsozlikda: General Electric va Rensselerovskiy politexnika

instituti olimlari GA ni zamonaviy avialaynerlarida qo'llaniladigan reaktiv dvigatelning turbinasini konstruksiyasini ishlab chiqishga tadbir etishdi. Ishlab chiqarish sohasida ishlab chiqarishni rejalashtirish jadvalini tuzishda, yirik ta'lim muassasalarida o'quv jarayonini rejalashtirishda. GA ning imkoniyatlari ijodiy ishlar uchun cheki yo'q.

1.4. Sun'iy intellekt – to'rtinchi sanoat inqilobining asosi

Ilm-fan va axborot-kommunikatsiya texnologiyalari jadal taraqqiy etib borayotgan bugungi sharoitda dunyoning rivojlangan mamlakatlarida davlat va jamiyat boshqaruvi, iqtisodiyot, sanoat, ijtimoiy himoya, ta'lim, tibbiyot, bandlik, qishloq ho'jaligi, mudofaa, xavfsizlik, turizm va boshqa sohalarda zamonaviy axborot texnologiyalari va sun'iy intellekt imkoniyatlaridan keng foydalanish oddiy odat tusiga kirmoqda [13,14,15].

O'zbekistonda ham axborotlashtirish va raqamli iqtisodiyotni rivojlantirish orqali 2030- yilga qadar innovatsion taraqqiy etgan yetakchi davlatlar qatoridan o'rin egallash ustuvor vazifa sifatida belgilangan.

Qayd etish joizki, "Ilm, ma'rifat va raqamli iqtisodiyotni rivojlantirish yili"da axborot texnologiyalari va raqamlashtirish borasida jiddiy o'zgarishlar amalga oshirilib, bir qator muhim dasturlar qabul qilindi.

Xususan, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Raqamli iqtisodiyot va elektron hukumatni keng joriy etish chora-tadbirlari to'g'risida"gi hamda "Aholiga davlat ijtimoiy xizmatlari va yordam taqdim etish tartib-taomillarini avtomatlashtirish bo'yicha qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"gi qarorlari va boshqa normativ-huquqiy hujjatlar mamlakatimizda raqamlashtirishni jadallashtirish va ijtimoiy-iqtisodiy sohalarga zamonaviy texnologiyalarni joriy qilishga qaratilgan.

Qolaversa, 2020- yilda aholini ijtimoiy himoya qilish borasida moddiy qo'llab-quvvatlash va tizimga AKTni joriy qilish borasida salmoqli ishlar amalga oshirildi. Jumladan, ehtiyojmand oilalar, ayollar va yoshlar bilan ishlash bo'yicha "Temir daftar", "Ayollar daftari", "Yoshlar daftari" kabi yangi tizim joriy etildi. "Saxovat va

ko‘mak” umumxalq harakati doirasida 800 mingdan ziyod ehtiyojmand oilaga 1 trln. so‘mdan ortiq moddiy yordam ko‘rsatildi. Shuningdek, “Temir daftar”ga kiritilgan ehtiyojmand oilalarning 16 yoshga to‘lmagan bolalariga, nogiron va boquvchisini yo‘qotganlik pensiyasi yoki nafaqasini oluvchi oilalarning 16 yoshga to‘lmagan jami 845 ming nafardan ortiq bolalarining har biriga 500 ming so‘mdan, jami 422 mlrd. so‘m bir martalik yordam to‘lovlari to‘lab berildi. Ijtimoiy nafaqa oluvchilarning soni esa 2 barobarga oshirilib, 1,2 mln. nafarga etkazildi.

Shu bilan birga, so‘nggi yillarda axborotlashtirish va ilg‘or texnologiyalarni turli sohalarda tadbiiq etish borasida chora-tadbirlar natijasida O‘zbekistonda AKT va sun‘iy intellekt sohasida o‘ziga xos salohiyat asoslari yaratildi. Bu borada Innovatsion rivojlanish vazirligi va vazirlik tizimidagi tashkilotlar, AKT bo‘yicha ilmiy tadqiqot markazlari, oliy ta‘lim muassasalari va ularning iqtidorli bitiruvchilari hamda texnoparklar, xususiy sektordagi bir qator tashkilotlar faoliyatini alohida e‘tirof etish mumkin. Shuningdek, sun‘iy intellekt va zamonaviy axborot texnologiyalari yo‘nalishida Farg‘ona shahridagi maktablarda “Aqlli maktab” dasturi, Andijon viloyatida “Monterra” ekin maydonlarining holatini baholovchi onlayn platforma joriy etilgan bo‘lsa, Toshkent viloyatining Nurafshon shahrida “Aqlli shahar”, Toshkent shahrida esa “Xavfsiz shahar” va “Raqamli Toshkent” loyihalarini amalga oshirish rejalashtirilgan [18].

Ma‘lumki, zamonaviy sun‘iy intellekt turli amallarni bajarishga mo‘ljallangan algoritm va dasturiy tizimlardan iborat bo‘lib, inson ongi bajarishi mumkin bo‘lgan bir qancha vazifalarni axborot bazasiga kiritilgan ma‘lumotlar asosida amalga oshiradi. Shuningdek, sun‘iy intellekt murakkab tahlillar va katta ma‘lumotlar bilan ishlovchi dasturlarni o‘z ichiga olib, mantiqli izchil mulohaza qilish hamda tavsiya berish qobiliyatiga ega “aqli” texnologiya hisoblanadi. Mutaxassislar tomonidan sun‘iy intellektga to‘rtinchi sanoat inqilobining asosi sifatida qaralmoqda.

Mutaxassislar fikricha, aholini ijtimoiy himoya qilishning asosini ijtimoiy yordam, ijtimoiy sug‘urta va bandlik bilan bog‘liq dasturlar tashkil qiladi. Rivojlangan mamlakatlarda ijtimoiy sohada, xususan, sog‘liqni saqlash, ta‘lim, bandlik, ijtimoiy himoya va

boshqa yoʻnalishlarda sunʼiy intellekt va zamonaviy axborot texnologiyalari imkoniyatlaridan foydalanish keng tus olmoqda.

Aholini ijtimoiy himoya qilish sohalarida rivojlanayotgan davlatlarda amalga oshirilgan muvaffaqiyatli xorijiy tajribalardan quyidagi loyihalarini koʻrib chiqish mumkin. Masalan, Janubiy Afrika Respublikasida amalga oshirilgan **“Harambee”** loyihasi ijtimoiy yoshlar bandligini taʼminlashga koʻmaklashishga yoʻnaltirilgan boʻlib, ushbu dastur sunʼiy intellekt yordamida kasbiy-malakaviy moslikni aniqlab, ish izlovchilar bazasini shakllantiradi va ularga turli meʼyorlarga asosan tegishli mos boʻsh ish oʻrnini taklif qiladi. **“Harambee”** qisqa davr ichida asosan xususiy va norasmiy sektorda yoshlarni ish bilan taʼminlagan.

Sunʼiy intellekt asosida ishlovchi kasbiy-malakaviy moslik boʻyicha dasturning Oʻzbekiston sharoitida qoʻllanilishi norasmiy sektorda band boʻlgan, ayniqsa, bir martalik ish bozorlaridagi ish qidiruvchilarning bandligini taʼminlashga va ularni ijtimoiy himoya bilan qamrab olishga imkon beradi. Dastlabki bosqichda sunʼiy intellekt texnologiyalarini mobil qurilmalardan foydalanish mumkin boʻlgan dasturlar orqali taklif qilib, norasmiy sektordagilarni kunlik va mavsumiy ishlarga jalb qilish, ularning bandligini taʼminlash mumkin.

“GiveDirectly” dasturi esa bir qator Osiyo va Afrika davlatlarida chekka hududlarda yashovchi kambagʻal oilalarga toʻgʻridan-toʻgʻri moddiy-pul mablagʻlarini berishni koʻzda tutadi. Dastur orqali chekka hududlarda yashovchi ehtiyojmand kambagʻal oilalarni aniqlashda asosiy mezonlarga qoʻshimcha ravishda sunʼiy yoʻldosh orqali yigʻilgan maʼlumotlardan foydalaniladi. Dasturlashtirilgan sunʼiy intellekt kambagʻal oilalar xonadonlarining qanday ashyolardan qurilganini tahlil qiladi va moddiy sharoitlarini baholaydi. Sunʼiy yoʻldosh orqali yigʻilgan tasvirlar va navigatsiya maʼlumotlari ijtimoiy himoya dasturining maʼlumotlar bazasiga kiritilib, ulardan birinchi navbatda sunʼiy intellekt faoliyatini taʼminlashda, ikkinchidan esa ijtimoiy himoyaga muhtojlik mezonlarini belgilash va aniqlashda foydalaniladi.

Sunʼiy intellektga asoslangan loyihalarni Oʻzbekiston sharoitida mavjud dasturlar va davlat idoralaridagi maʼlumotlar bazasini integratsiyalashtirish va kengaytirish orqali bir qator istiqbolli

loyihalarni ko'rib chiqish mumkin. Masalan, mavjud ijtimoiy himoya dasturlarida ("Ijtimoiy reestr" – "Temir daftar", "Ayollar daftari" va "YOshlar daftari") bir martalik yoki muddatli moddiy yordam olish bo'yicha "onlayn ariza" berish tizimini yaratish [19,20]. Bunda ariza beruvchi o'ziga tegishli ma'lumotlarni tizimga kiritib, mezonlarga moslikni tezkorlik bilan aniqlashi mumkin. Birinchi bosqichda tegishli xodim-mutaxassis tomonidan me'zonlar baholanishi yo'lga qo'yilsa, tizim rivojlanishi bilan bu jarayon keyingi bosqichda avtomatik tarzda amalga oshirilib, inson omiliga o'rin qolmaydi. SHunga o'xshash "onlayn ariza" berish tajribasi imtiyozli ipoteka kreditlari va to'lovlari bo'yicha amalga oshirilayotgan davlat subsidiyalarini ajratishda qo'llanilmoqda.

Hoziri kunda "Temir daftar" ma'lumotlari elektron bazaga tegishli hokimliklar tomonidan kiritilmoqda. Bu jarayonga sun'iy intellekt texnologiyasining joriy qilinishi, ijtimoiy himoyaga muhtoj talabgorlarni turli me'zonlar va talablar kesimida baholab, inson omilini keskin kamaytiradi hamda davriy ravishda muhtoj oila yoki fuqaroning ijtimoiy holati haqidagi ma'lumotlar avtonom yangilanib boriladi. Ehtiyojmand oilalarning "Temir daftar"ga kiritilishi va chiqarilishini sun'iy intellekt nazoratga olishi bilan, dasturning samaradorligi va shaffofligi ta'minlanadi.

Ta'kidlash lozimki, sun'iy intellekt asosini ma'lumotlar bazasi tashkil etib, ularning manbasi turlicha bo'lishi mumkin. Ma'lumotlar bazasini esa muntazam to'ldirish va kengaytirish sun'iy intellekt tahliliy imkoniyatlarini va samaradorligini oshiradi.

O'zbekistonda hozirda mavjud ma'lumotlar manbalaridan sun'iy intellekt ma'lumotlar bazasini shakllantirish va ulardan samarali foydalanish mumkin. Jumladan:

- identifikatsiyalash yagona tizimi – (id.gov.uz);
- O'zbekiston Respublikasi ochiq ma'lumotlar portali – (data.gov.uz);
- Elektron hukumat tizimi ma'lumotlar bazasi – (my.gov.uz);
- Davlat xizmatlari agentligi ma'lumotlar bazasi – (davxizmat.uz);
- turli vazirlik va idoralarning ma'lumotlar bazasi.

Shuningdek, jahon tajribasida ijtimoiy sohaga yo'naltirilgan dasturlarda sun'iy intellekt ma'lumotlar bazasini shakllantirishda

milliy ID tizimlari ma'lumotlari, aholini ro'yxatga olish va soliq to'lovchilar bazasi, tibbiyot, bank, sug'urta kompaniyalari, do'kon va bozorlar xaridorlari, mobil aloqa operatorlari ma'lumotlari hamda aholining kommunal to'lovlar va qarzdorlik, kredit tarixi, ijtimoiy tarmoqlardagi faolligi kabi manbalardan qonun doirasida foydalaniladi.

Qayd etish joizki, sun'iy intellektni ijtimoiy va boshqa sohalarga joriy qilishda shaxsga doir ma'lumotlar daxlsizligi, ularni saqlash va boshqarish muhim ahamiyatga ega. Chunki, sun'iy intellektidan foydalanishning axloqiy jihatlari, ayniqsa, AQSH, Buyuk Britaniya, Evropa Ittifoqiga a'zo davlatlar va yetakchi xalqaro tashkilotlar diqqat markazida bo'lib, inson huquqlari va shaxsiy ma'lumotlar masalasi hamda sun'iy intellektidan siyosiy va buzg'unchi maqsadlarda foydalanish xavfi dolzarb hisoblanadi. Ayrim davlatlar, xususan, Xitoy va Rossiyada sun'iy intellekt va AKTdan fuqarolar shaxsiy huquq va erkinliklarini cheklash va siyosiy maqsadlarida foydalanilmoqda, degan ayblovlar yangramoqda. SHuning uchun sun'iy intellektidan foydalanishning huquqiy asoslarini yaratishda bu masalalarga ham alohida e'tibor qaratilishi maqsadga muvofiq.

Shuningdek, sun'iy intellekt va AKTni joriy qilishda shaxsga doir ma'lumotlar va shaxsiy hayotga oid huquqlar hamda ulardan milliy xavfsizlikni ta'minlash yo'lida foydalanishda muvozanatni saqlash muhim ahamiyatga ega.

Xulosa o'rnida qayd etish mumkinki, mamlakatimizda sun'iy intellekt imkoniyatlari va texnologiyalarini ijtimoiy himoya dasturlarida qo'llash imkoniyatlari va zarurati mavjud bo'lib, tegishli dasturlash yo'nalishlaridagi yetakchi mahalliy mutaxassislar va xorijiy kompaniyalarni jalb qilgan holda sun'iy intellekt texnologiyalarini joriy qilish va qo'llash maqsadga muvofiq.

Ta'kidlash joizki, sun'iy intellekt yoki turli dasturiy ta'minotlar va AKTni tegishli sohalarga joriy qilishda yuzaki yondashuv, birinchidan, loyihalarning kutilgan natija bermasligiga, ikkinchidan, sarflangan byudjet mablag'larining samarasiz bo'lishiga, uchinchidan, zamon talabiga mos bo'lmagan dastur va tizimlar kiber jinoyatchilar nishoniga aylanib, milliy xavfsizlikka putur etkazishi hamda yopiq va shaxsiy ma'lumotlarning sizib chiqishiga olib

kelishi mumkin. Shuning uchun bunday davlat dasturlari sohaning yetakchi mahalliy va xorijiy mutaxassislari hamda kompaniyalari tomonidan amalga oshirilishi talab etiladi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Aholiga davlat ijtimoiy xizmatlari va yordam taqdim etish tartib-taomillarini avtomatlashtirish bo'yicha qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"gi qarorida ko'zda tutilgan "Ijtimoiy himoya yagona reestri" axborot tizimida ham zamonaviy texnologiyalar qatori sun'iy intellekt imkoniyatlaridan samarali foydalanish lozim. Ma'lumki, endilikda ijtimoiy nafaqalarni tayinlash to'g'risidagi arizalarni ko'rib chiqish va ularni tayinlash tartib-taomillari "yagona reestr" vositasida amalga oshiriladi. "Elektron hukumat" tizimining tarkibiy qismi sifatida "Ijtimoiy himoya yagona reestri" idoralararo integratsion platforma vazifasini bajarib, tegishli idoralar tomonidan ta'minlangan ma'lumotlar bazasini sun'iy intellekt texnologiyasi orqali yuritish mumkin.

Prezidentimiz SH.M .Mirziyoyevning 2020- yildagi asosiy natijalar va joriy yilga mo'ljallangan ustuvor vazifalar yuzasidan Oliy Majlisga yo'llagan Murojaatnomasida 2021- yildan boshlab "Ijtimoiy reestr" ishga tushirilishi, ehtiyojmand oilalarga 30 dan ziyod ijtimoiy xizmatlarni elektron ko'rsatish imkoni yaratilishi va yangi tizim "Temir daftar"lar bilan o'zaro integratsiya qilinishi ko'rsatib o'tildi.

O'zbekistonda yangi texnologiyalar, jumladan, sun'iy intellektning ijtimoiy himoya dasturlari va boshqa sohalarga keng joriy qilinishi davlat va xususiy sektorda zamonaviy axborot texnologiyalaridan foydalanishni rag'batlantirib, mamlakatda raqamli iqtisodiyotni rivojlantirish hamda har bir sohaga innovatsiyalarni kiritish imkoniyatlarini oshiradi. SHu bilan birga, zamonaviy ilm-fan yutuqlaridan samarali foydalanilishiga olib keladi.

1.5. Ta'limni rivojlantirishda sun'iy intellektning o'rni

2020-yilning birinchi yarmi nafaqat ishga bo'lgan yondashuvimizni, balki atrofimizdagi dunyoni ham tubdan o'zgartirdi. Yo'llarda robo-taksi va haydovchisiz yuk mashinalarini

hali uchratish maholdir, ammo COVID-19 pandemiyasi barcha sohalarda sun'iy intellekt texnologiyalarini joriy etishni tezlashtirdi.

Forbes jurnalining fikriga ko'ra, Amerikaning eng istiqbolli 50 ta sun'iy intellekt sohasidagi kompaniyalar ro'yxatiga kiritilgan startap asoschilari allaqachon kelgusida ularning sohasi qanday o'zgarishi haqida turli taxminlarni bildirmoqdalar. Ularning aksariyati, COVID-19 pandemiyasi sun'iy intellekt texnologiyalarining tarqalishi va rivojlanishiga sezilarli ta'sir ko'rsatdi, degan fikrdalar.

Sun'iy intellekt ta'lim sohasini ham chetlab o'tmay qolmadi. «Sun'iy intellekt ta'lim sohasini jiddiy ravishda o'zgartiradi [21], o'qitish usullari, ta'lim olish imkoniyati va o'qituvchilarni tayyorlash tubdan isloh qilinadi», deydi YUNESKO bosh direktori Odri Azule.

Sun'iy intellekt ta'lim olish uchun to'siqlarni kamaytirish, boshqaruv jarayonlarini avtomatlashtirish va o'quv natijalarini yaxshilash usullarini optimallashtirish orqali global ta'lim maqsadlariga erishishni tezlashtirish imkoniyatiga egadir.

Masalan, Rusbase saytida keltirilgan ma'lumotlarga ko'ra, (<https://rb.ru/news/ai-education/>) Xitoyning Xanchjou shahridagi maktab «Squirrel AI» kompaniyasi bilan hamkorlik qilishni boshlaguniga qadar Chjou I ismli o'quvchida matematika fanini o'zlashtirishda jiddiy muammolar bo'lgan. «Squirrel AI» kompaniyasi maktabga sun'iy intellekt tomonidan ishlab chiqilgan individual dasturlarni taklif etdi. Natijada o'qituvchi o'rnida o'quvchilar darslarini algoritm nazorat qilib turgan. Semestr oxirida Chjouning test natijalari 50 foizdan 62,5 foizga ko'tarilgan. Ikki yil o'tib matematika fanidan imtixon topshirganda bu o'quvchi 85 foiz to'g'ri javob bergan.

Ko'p yillar davomida o'qituvchilar har bir o'quvchiga individual xususiyatlarini hisobga olgan holda yordam berish bilan band edilar. Bu, ayniqsa, yigirma, o'ttiz yoki qirq o'quvchilik sinflarda juda qiyin, ularning har biri, shaxsiy imkoniyatlaridan qat'iy nazar, standart sinovlardan o'tishlari kerak.

So'nggi 50 yil ichida maktablar deyarli o'zgarmadi. Turli salohiyat va darajaga ega bo'lgan o'quvchilar bitta sinfda, bitta darsda o'tirishadi va muayyan mavzudagi muvaffaqiyatlaridan

qat'iy nazar bir xil darsliklardan foydalanib bir xil topshiriqlarni bajarishadi. Sinfning bir qismi materialni o'zlashtirishga vaqt topolmaydi, boshqasi esa tezda o'zlashtirib, zerikishni boshlaydi.

SI bu muammoni hal qilishga qodir. Hozirgi kunda u o'qituvchilarga o'quv jarayonini individuallashtirishga yordam beradi: buning uchun algoritm o'quvchi davomati va o'zlashtirish ko'rsatkichlarini tahlil qilish orqali, muammoli joylarni aniqlaydi va bilimlardagi bo'shliqlarni to'ldirish uchun yakka (individual) darslarni yaratadi. Bundan tashqari, ushbu tahlil orqali SI o'qituvchilarga o'quvchilarning qobiliyat va salohiyatiga qarab maxsus yoki individual o'quv dasturlarini tuzish imkoniyatlarini ham bera oladi.

O'quvchilar maxsus dasturlardan foydalangan holda yangi narsalarni qulay sur'atlarda o'rganish imkoniyatiga ega bo'ladilar. SI o'quvchilar uchun o'ziga xos o'qituvchiga aylanadi va ularga salohiyatlarini maksimal darajada ko'rsatishlari uchun yordam beradi.

SI o'qituvchi-repetitor bo'lishi mumkin. SI har doim o'quvchi yonida bo'ladigan ustoz bo'lishi mumkin. Bunday mobil ilovalar istalgan vaqtda foydalanishga va tushunarsiz mavzuni turli usullar yordamida qayta tushuntirib, o'quvchiga o'rganish imkonini beradi. Hozirda bir qator repetitor-ilovalar ishlab chiqilib, dunyodagi minglab o'quvchi va o'quvchilar orasida juda ommalashgan [15].

«**Brainly**» ilovasi – bu ijtimoiy tarmoq bo'lib, u yerda o'quvchilar maktabdagi topshiriqlarni muhokama qilish orqali o'zlashtirishlaridagi bo'shliqlarni to'ldirish imkoniga egadirlar.

«**Thinkster Math**» ilovasi – bu matematika fanidan repetitor-ilova bo'lib, u o'z ichida standart o'quv dasturini olib, har bir foydalanuvchi uchun fanni individual o'rgatish uslubiga egadir. SHuningdek, bu ilova video va tezkor javoblar yordamida matematik misollarni bosqichma-bosqich yechish va o'quvchida matematik qobiliyatlarni rivojlantirishni taklif qiladi.

«**Netex Learning**» ilovasi - o'qituvchilarga interfaol audio va video materiallarni darslarga qo'shishga yordam beradi.

Innovatsion rivojlanish vazirligi mutaxassisleri tomonidan o'tgan yili umumta'lim maktablari uchun yaratilgan 8-sinf "Geografiya darsligi" birinchi innovatsion darslik sifatida

maktablarda o'qitilib kelinmoqda. Mazkur darslikning an'anaviy darsliklardan farqi shundaki darslikka joylashtirilgan QR-kod belgilari orqali darslikka kiritilgan qo'shimcha materiallarni eshitish va ko'rish imkoniyati mavjud. Bu dastur orqali, hatto boshlang'ich texnik ko'nikmalarga ega bo'lgan o'qituvchilar ham turli xil raqamli platformalar va qurilmalar uchun o'z o'quv dasturlarini yaratishlari mumkin bo'ladi.

SI shuningdek, bilimlarni baholash tizimini avtomatlashtira oladi. Uy vazifalari va testlarni tekshirish, hatto tajribali o'qituvchilar uchun ham ko'p vaqt oluvchi va murakkab hisoblanadi. O'qituvchilar uyga vazifa yoki imtixon natijalarini tekshirishga ketadigan vaqtni darsga tayyorlanishga va o'quvchilar bilan faol aloqa qilishga sarflash yaxshiroq deb hisoblaydilar. SI sohasidagi yutuqlar buni amalga oshirishga qodirdir.

Albatta, bilimlarni baholashni avtomatlashtirishda kamchiliklar mavjud. Bu tizimni samarali ishlashi uchun barqaror internet aloqasidan tashqari yaxshigina mablag' ham kerak bo'ladi, chunki bunday algoritmlar arzon turmaydi. SI hech qachon o'qituvchi bahosini o'rmini bosa olmasa-da, lekin unga ancha yaqin bo'la oladi. Eng asosiy o'qituvchining vaqti tejaladi. Baholash va dars jadvalini tuzish kabi oddiy vazifalarni avtomatlashtirish orqali o'qituvchilar unga sarflanadigan vaqtlarini o'quvchilar bilan muloqot qilish uchun ajratishlari mumkin bo'ladi.

Kelgusida, SI o'rnatilgan etalon va metrikalarga asoslanib yozma ish va imtixon topshiriqlarini to'liq tekshira oladi. Bunday baholashda tarfkashlik va favoritlarga boshqacha nazar bilan qarash degan tushunchalar bo'lmaydi. SHu bilan birga, bunday baholashda o'zlashtirishi past bo'lgan o'quvchining harakati uchun rag'bat ham bo'lmaydi. Bu SIning salbiy tarafi hisoblanadi.

SI o'quvchilar xatti-harakatini ham tahlil qilishi mumkin. SI kameralari nafaqat ishtirokchilarni avtomatik ravishda kuzatibgina qolmay, balki o'quvchilar xatti-harakatlarini ham tahlil qilishlari mumkin. Bunday dasturlar o'quvchini turli xil mavzu va vazifalarga qanday munosabatda bo'lishini, qanday qilib sinfdoshlari bilan hamkorlik qilishini, yolg'iz ishlashini, chalg'ish holatlari va boshqalarni tahlil qila oladi.

Va nihoyat, SI ta'lim tizimini takomillashtirishi mumkin. Bir o'qituvchi hech qachon 30 yoki undan ortiq o'quvchisi bor sinfining ehtiyojlarini qondira olmaydi. Bunday vaziyatlarda ta'lim jarayoniga SIga asoslangan ilovalarni joriy etish orqali ta'lim sifatining pastligi va chekka hududlargacha etib borishi va hozirgi kunda tizimdagi mavjud muammo va kamchiliklarni bartaraf etishga yordam bera oladi.

Bu borada Innovatsion rivojlanish vazirligi tashabbusi bilan Farg'ona shahridagi maktablarda «Aqli maktab» dasturi orqali sun'iy intellekt joriy etildi. Mazkur dasturning ta'lim tizimiga joriy etilishi bir qancha afzalliklarni berdi. Jumladan, bilim sifatini avtomatik tarzda baholash, maktablarda o'qituvchilarning vaqtlarini tejash; qisqa fursatda o'quvchilar, fanlar, mavzular, sinflar kesimida ta'limdagi bo'shliqlarni aniqlash; o'quvchilarning aqliy va jismoniy rivojlanishlarini tahlil qilib borish va boshqa bir qancha imkoniyatlarni yaratib bermoqda.

Ta'lim sohasida sun'iy intellektning tor qo'llanilishiga misol - matnli faylni ovozli faylga aylantirish orqali podkastlarni yaratish. Shuningdek, siz bilimlarni yanada obyektiv baholashingiz mumkin: javob variantlarini tanlamay, balki ovoz bilan javob berish imkoniyatini berish orqali. Bunday javob SI tomonidan qayta ishlanadi va sharhlanadi. Ro'yxatdagi bitta variantni tanlash kerak bo'lganda, siz tasodifiy javob berasiz, biroq aniq javobni o'zingiz berishingiz kerak bo'lganda, darsdagi ma'lumotni eslab qolishingiz kerak bo'ladi. SHuning uchun ham biz bir nechta javobli test tizimidan miyani faol ravishda jalb qilishga imkon beradigan SIga o'tishimiz kerak.

Adaptiv ta'lim har bir o'quvchiga o'ziga xos shaxs sifatida qarashni ta'minlaydi. Masalan, siz til o'rganyapsiz va bir haftalik ta'tilga chiqishga to'g'ri kelib qoldi. Qaytib kelganingizda, dastur ba'zi ma'lumotlarni allaqachon unutganingizni bilib oladi.

SI dan ta'limda turli tovlamachiliklarni oldini olish maqsadida ham foydalanish mumkin. Masalan, mashg'ulotlar boshida men paragrafni yozaman va dastur mening shaxsiy harf terish xususiyatlarimni eslab qoladi. Uch oydan keyin men imtixon topshirish uchun o'tirganimda, tizim mening harf terish

xususiyatimga qarab imtixonni aynan men topshirayotganimni aniqlay oladi, o‘rningga biron kelib imtixon topshira olmaydi.

Shunday qilib, sun‘iy intellekt ta‘limga nimani taklif qila oladi:

- **ta‘lim sohasida SIdan ommaviy va adolatli foydalanishni ta‘minlash**, shu jumladan ijtimoiy-iqtisodiy holati, jinsi va etnik kelib chiqishi, geografik joylashuvi bilan bog‘liq tengsizliklarni bartaraf etish; aholining zaif qatlamlariga sifatli ta‘lim olishdagi qiyinchiliklarni bartaraf etish uchun muvaffaqiyatli loyihalarni yoki sun‘iy intellektdan foydalanishning tasdiqlangan samarali usullarini aniqlash;

- **ta‘lim berish va olishni takomillashtirish uchun sun‘iy intellektdan foydalanish** - ta‘limni boshqarish tizimlarini, o‘qituvchilarni qo‘llab-quvvatlaydigan va ta‘lim muammolarini hal qila oladigan individual ta‘limning yangi shakllarini yaratish;

- **Ta‘lim ma‘lumotlaridan shaffof va nazorat ostida foydalanishni ta‘minlash** - ta‘lim jarayonida sun‘iy intellektdan foydalanish bilan bog‘liq xatarlarni kamaytirishni nazarda tutadi; hisobotni kafolatlaydigan siyosatni ishlab chiqish uchun ishonchli ma‘lumotlarni aniqlash va targ‘ib qilish va barcha manfaatdor tomonlar uchun ta‘lim sohasida aniq va shaffof algoritmlarni yaratish.

Kelgusi yillarda ta‘lim sohasidagi sun‘iy intellekt texnologiyalarini rivojlantirishning istiqbolli yo‘nalishi ta‘lim jarayonining barcha elementlarini istisnosiz boshqaradigan yaxlit avtomatlashtirish tizimlari bo‘ladi. Endi klassik tarzda o‘tiladigan ma‘ruzalarni o‘qitishga hojati qolmaydi. Qadimgi olimlardan biri shunday degan edi: «Menga ayt va men unutam, menga ko‘rsatgin va men uni eslab qolaman».

II BOB. NEYRON TO‘RLARI TARIXI VA ASOSIY KOMPONENTALARI

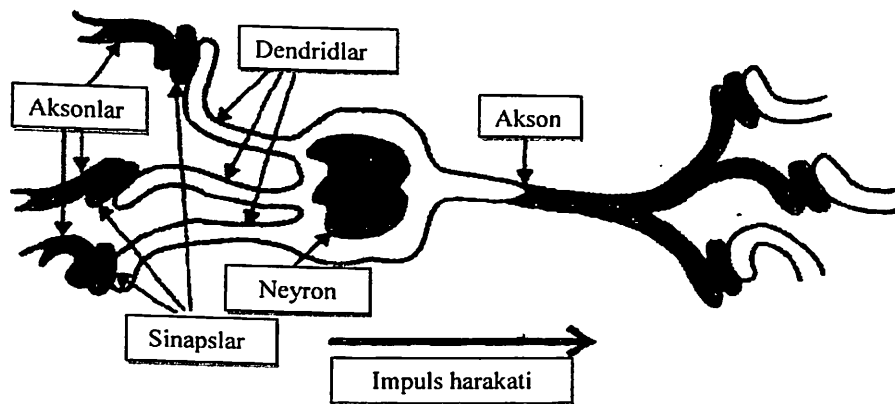
2.1. Sun‘iy neyron to‘rlari

Elektron - hisoblash texnikasining yanada barq urib rivojlanish davrida, ya‘ni XX asr o‘rtalarida soha olimlari va injener-konstruktorlari orasida tipik, namunaviy EHM qanday prinsip asosida ishalash va u qanday amalga oshirilishi mumkin degan masalalar fikrlar, qarashlar, izlanishlarda yagonalik, birlik, bir fikrlilik mavjud emas edi. Biz hozir barchamiz Informatika asoslari kursida fan Neyman mashinasi prinsipi arxitekturasi asosida yaratilgan, ishlab chiqarilayotgan EHMLarni, kompyuterlarni o‘rganyapmiz. Shunga qaramasdan, informatika bo‘yicha darsliklarda, o‘sha paytlarda EHMni, kompyuterni yaratishda boshqa bir faoliyat prinsiplariga, arxetekturalariga asoslangan g‘oyalar, amaliy tavsiyalar to‘g‘risida bir og‘iz ham gap aytilmagan. Bunday g‘oyalardan bir sxemasi boshqacha prinsip va arxetekturaga asoslangan EHMLar neyron to‘rli kompyuter yoki oddiy qilib neyron to‘rlari deb nom oladi.

Neyron to‘rlariga bo‘lgan birinchi qizikish Mak Kollak va Pitsning 1943 yilda chop qilingan ilk ishlarida asos solingan bo‘lib, unda inson miyasining ishlash faoliyatiga asoslangan o‘xshashlik asosida ishlaydigan kompyuterning sxemasi taklif qilingan edi. Ular inson miyasini tashkil etuvchi elementi nerv kletkasini modelini yaratishdi va unga neyron deb nom berishdi. Insonning miyasi oq va seriy rangdagi moddadan tashkil topgan: oq - neyronlarning jismi, tanasi, seriy moddalar esa - bu neyronlarni bir-biri bilan bog‘lovchi vosita (tkan) yoki aksonlar va dendiritlardir. Inson miyasi taxminan 10^{11} o‘zaro bo‘lingan neyronlardan tashkil topgan. Har bir neyron axborotni o‘zining dendiritlari orqali oladi, o‘zlashtiradi, axborotlarning keyingi joyiga uzatish faqat bitta akson orqali amalga oshiriladi, oxirida minglagan sinopislarga tarmoqlangan [22-35] (2.1-rasm).

Sodda neyron 10 000 mingtagacha dendiritlarga ega bo‘lishi mumkin, dendiritlar boshqa kletkalardan qabul qilinadi. Shunday qilib odam miyasi taxminan 10^{15} o‘zaro bog‘lanishlardan iborat.

Agar har qanday neyrofiziologik jarayon birdaniga bir qancha neyronlar to'plamini faollashtirishini hisobga oladigan bo'lsak, u holda miyamizda hosil bo'ladigan, kelib chiqadigan axborotlar va signallarning shunday bir katta miqdorini tasavvur etish mumkin.



2.1-rasm. Neyron tuzilishini rasmi

Neyronlar impulslar seriyasi vositasida o'zaro harakatda bo'ladilar, bu harakat bir nechta millisekund mobaynida davom etishi mumkin, har bir impuls chastotali signal bo'lib, uning chastatasi bir nechta birlikdan to yuzlagan gersgacha bo'lishi mumkin. Bu chastota zamonaviy kompyuterning ishlash chastotasi bilan solishtirib bo'lmaydigan darajada, biroq inson miyasi kompyuterga qaraganda analog informatsiyalarni juda katta tezlikda qayta ishlashi mumkin, masalan: tavsifni bilish, fahmlash, ta'mni sezish, tovushni ajratish, bilish, notanish yozuvni o'qish (bilish), sifat parametrlari ustida amallar bajarish. Bularning barchasi o'zaro sinapslar bilan bog'langan neyron turlari va vositalarida amalga oshiriladi. Boshqacha qilib aytganda, miya-bu parallel faoliyat ko'rsatadigan, hozirgi ketma-ket hisoblashlarga asoslangan kompyuterga nisbatan juda samarali ishlaydigan protsessorlardan tashkil topgan. Shu boisdan ham, kelajak kompyuterlari ko'p protsessorli, parallel hisoblash materiallariga asoslangan bo'lishi zarur. Shunday ekan, neyron to'rlari bu yo'nalishdagi navbatdagi qadam bo'lishi ajab emas.

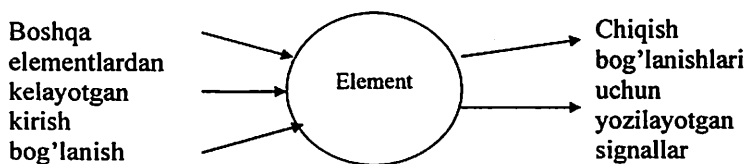
Sun'iy neyron to'rlarinig kelajakdagi taraqqiyoti inson ishlash prinsiplarini qanchalik o'rganilganligi, modellashtirilganlik darajasiga

bog'liq, biroq bu yerda teskari bog'lanish ham mavjud: Sun'iy neyron turlari birdan bir vosita bo'lib, uning yordamida insonning nerv sistemasida kechadigan, biz tasavvur qiladigan jarayonlarni o'rganishni yanada takomillashtirishimiz mumkin, mos jarayonlarning modellarini qurish yo'li bilan.

Neyron turlarini kelajagi judayam ravshan, hozirgi kunda bu sohadagi bilimlar, kompyuter texnologiyalari sohasida faoliyat ko'rsatayotgan ilmiy mutaxassislar, huddi shunday qo'shni smejniy sohalarda ishlayotgan juda ko'p injinerlar va ilmiy xodiiplar bu to'g'rida juda aniq tasavvurlarga egadirlar.

Neyron to'rlari o'zaro shunday bir bog'langan elementlar majmuasidir, ular orasida o'zaro bog'lanishlar ta'minlanishi zarur. Bunday elementlar asosan neyronlar deb yoki tugunlar deb ataladi va bular o'z navbatida oddiy protsessorlardir. Ularning hisoblash imkoniyatlari odatda faollashtirish (aktivlashtirish) qoidalari va kirish signallarini biror kobinatsiyalashgan qoidalari bilan cheklanadi, natijada kirish signallarini majmuasi bo'yicha chiqish signallarini hisoblash imkoniyatlari mavjud. Elementning chiqish signali o'lchamli (koeffitsiyentli) bog'lanishlar orqali boshqa elementlarga uzatilishi mumkin. Jo'natuvchilarning har biri vazn koeffitsentlariga yoki vaznga ega. Vazn koeffitsentlarining qiymatiga bog'liq ravishda uzatilayotgan signal kuchaytiriladi yoki kamaytiriladi (2.2-rasm) [23,26,27].

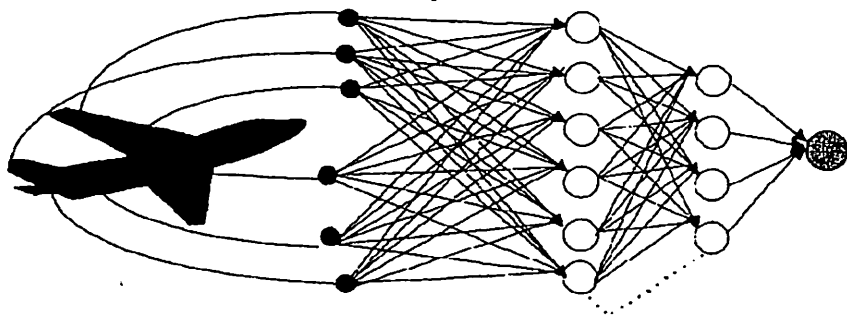
Neyron to'rlaridan foydalanishda o'ziga jalb qiluvchi jihatlardan bittasi shundan iboratki, odatda bunday to'rning elemenlari cheklangan hisoblash imkoniyatlariga ega, umuman olganda neyron to'ri juda ko'p sonli elementlar birlashmasi, ancha - muncha murakkab masalalarni bajarish imkoniyatiga ega hisoblanadi. Masalan, uchuvchi jismning texnik holatini nazorat qiluvchi neyron to'ri (2.3-rasm) [32-35].



2.2-rasm. Neyron to'rini alohida elementi

To'ring kirish elementlari samolyot bortida o'rnatilgan datchiklardan bevosita axborotlarni qabul qiladi. Chiqish elementi esa, uchuvchi apparatning texnik holatini aks ettiruvchi indikator(lar)dir.

Bog'lanishlar strukturasi to'r konstursiyasini detallarini aks ettiradi, jumladan, qaysi elementlar bog'langan, bu bog'lanishlar qaysi yo'nalishda ishlaydi va xar bir bog'lanishlarning qiymatlik darajasi (ya'ni vazni) qanday. Neyron to'ri yoki dastur tushunadigan masala bog'lovchi elementlarning bog'lovchi vazn qiymatlari terminida tavsiflanadi. Bog'lanishlar strukturasi odatda ikki bosqichda aniqlanadi: birinchi bosqichda sistemani yaratuvchi to'ring qaysi elementlari o'zaro bog'lanishi kerak va qaysi yo'nalishda shuni ko'rsatadi, ikkinchi bosqichda esa, ya'ni o'qitish fazosi jarayonida mos ravishda vazn koeffitsiyentlarining qiymatlari aniqlanadi.



2.3-rasm. Avialaynning texnik holatini nazorat qilish uchun qo'llaniladigan neyron to'rini sxemasi.

To'ring kirish elementlari samolyot bortida o'rnatilgan datchiklardan bevosita axborotlarni qabul qiladi. Chiqish elementi esa, uchuvchi apparatning texnik holatini aks ettiruvchi indikator(lar)dir.

Bog'lanishlar strukturasi to'r konstursiyasini detallarini aks ettiradi, jumladan, qaysi elementlar bog'langan, bu bog'lanishlar qaysi yo'nalishda ishlaydi va xar bir bog'lanishlarning qiymatlik darajasi (ya'ni vazni) qanday. Neyron to'ri yoki dastur tushunadigan masala bog'lovchi elementlarning bog'lovchi vazn qiymatlari terminida tavsiflanadi. Bog'lanishlar strukturasi odatda ikki bosqichda aniqlanadi: birinchi bosqichda sistemani yaratuvchi to'ring qaysi elementlari o'zaro bog'lanishi kerak va qaysi

yoʻnalishda shuni koʻrsatadi, ikkinchi bosqichda esa, yaʼni oʻqitish fazosi jarayonida mos ravishda vazn koeffitsiyentlarining qiymatlari aniqlanadi.

Bogʻlanishlarining vazn koeffitsiyentlarini qiymatlarini oʻqitishni bajarmasdan turib ham aniqlash mumkin, biroq neyron toʻrlarining eng katta muvaffiqiyati, afzalligi shundan iboratki, aynan toʻrning real, haqiqiy ish jarayonida oladigan shunday bir maʼlumotlar asosida masalani bajarishni oʻqitish imkoniyatlaridan iborat. Juda koʻpchilik ilovalar uchun oʻqitish imkoniyati nafaqat toʻrning dasturlashtirish vositasi sifatida qaraladi, agar masalalarini yechish usullari, anʼanaviy shaklda dasturlashni bajarish imkoniyatlari boʻyicha yetarlicha bilim boʻlmaganda, biroq bunday holatda, sharoitda oʻqitishning birdan - bir maqsadi haqiqatda mavjud masalani tekshirishdir, mohiyati shundaki, haqiqatdan ham neyron toʻri qoʻyilgan masalani yechishni oʻrganishi mumkin.

Neyron toʻrlarini juda koʻp, turli-tuman tiplari mavjud, biroq barcha toʻrlar mohiyati jihatdan bir qator umumlashgan xarakteristikalariga ega, ularni hozirgi paytda quyidagicha abstrakt koʻrinishda tavsiflash mumkin:

- oddiy protsessorlar toʻplami;
- bogʻlanishlar strukturasi;
- toʻrda signallarni tarqatish qoidalari;
- kirish signallarini qombinatsiyalash qoidalari;
- aktivlik signalini hisoblash qoidalari;
- korreksiyalovchi (tuzatishlar) bogʻlanishlar, oʻqitish qoidalari.

Oddiy protsessorlar toʻplami. Xar bir protsessor bilan (yaʼni, toʻrni signalga qayta ishlov beruvchi elementi) kirish bogʻlanishlarini nabori (majmuasi) bogʻlanadi, bu bogʻlanishlar orqali bu elementga (protsessorga) toʻrning boshqa elementlaridan singnallar keladi va chiquvchi bogʻlanishlarning nabori, bular orqali mazkur elementning singnallari toʻrning boshqa elementlariga joʻnatiladi. Toʻrning birorta elementlari tashqi muhitdan signallarni olish uchun moʻljallangan (shuning uchun xam bunday elementlarni kirish elementlari deb nomlashadi), boshqalarini esa – hisoblash natijalarini tashqi muhitga chiqaruvchilar (bunday elementlarni toʻrning chiqish elementlari deb nomlashadi). Huddi shunday, har qanday hisoblash mashinasi kamida bitta kiritish qurulmasiga

(masalan, klaviatura), buning yordamida sistema (hisoblash mashinasi) tashqi muhitdan ma'lumotlarini qabul qiladi, va chiqish qurilmasi (masalan, monitor), buning yordamida yechish natijalari aks ettiriladi. Real jarayonlarida programmali modellashtirish sharoitida bunday sistemaga oldindan tayyorlab qo'yilgan ma'lumotlar birorta fayldan beriladi, bunday holatda ma'lumotlar, signallar bevosita tashqi muhitdagi datchiklardan olinmaydi.

Sun'iy neyron to'ri (SNT yoki NT) biologik o'xshashligining tashkiliy va funksional prinsiplari asosida quriladi. Ular amaliyotda juda ko'p masalalarni yechishga mo'ljallangan chunonchi, obrazlarni anglash, identifikatsiyalash, bashoratlash, optimallashtirish, murakkab obyektlarni boshqarish. Kompyuterlarning kelajakdagi tezligini oshirishni asosan SNT bilan bog'liq, xususan, neyrokompyuterlar bilan, ularning asosini sun'iy neyron to'rlari tashkil qiladi.

"Neyron to'rlari" termini XX asrning 50-yillar o'rtalarida shakllandi. Bu sohadagi asosiy natijalar, yutuqlar U. Makkalox, D. Xebbi, F. Rozenblatt, M. Minskiy, Dj. Xopfild olimlarning nomlari bilan chambarchas bog'liq. Qisqacha tarixiy ma'lumot keltiramiz [36]:

- 1943 y. U. Makkalox (W. McCulloch) va U. Pitts (W. Pitts) neyron modelini taklif qilishdi va bosh miya faoliyati nazariyasini asosiy holatlarini rasmiylashtirishdi.

- 1949 y. D. Xebb (D. Hebb) miyadagi neyronlarning bog'lanishlarini va ularning o'zaro ta'sirlarini (kletkali ansambl, sinaptik qayishoqlik) xarakterlari to'g'risidagi g'oyani ilgari surdi. Birinchi bo'lib neyron to'ri o'qitish qoidasini taklif qildi.

- 1957 y. F. Rozenblatt (F. Rosenblatt) perseptronlarni tashkil qilish va faoliyat ko'rsatish prinsiplarini ishlab chiqdi, dunyoda birinchi hisoblangan Mark neyrokompyuterini texnik jihatdan amalga oshirish variantini taklif qildi.

- 1959 y. D. Xyubel (D. Hubel) va T. Vizel (T. Wiesel) biologik neyron to'rlarda axborotlarni saqlash va qayta ishlashning taqsimlangan va parallel xarakterini qo'satishdi.

- 1960-1968 yy. Sun'iy neyron to'rlari sohasida jadal izlanishlar olib borildi, masalan, ADALINA va MADALINA V. Uidrou (W.

Widrow) (1960-1962 yy.), assotsiativ matritsalar K. Shtaynbux (K. Steinbuch) (1961 y.).

- 1969 y. M. Minskiy (M. Minsky) va S. Peypertlarning (S. Papert) «Perseptronlar» kitobining chop qilinishi, unda perseptronlarning imkoniyatlarini prinsipial cheklanganligi isbotlangan. Sun'iy neyron to'rlariga bo'lgan qiziqishning susayishi.

- 1970-1976 yy. Sobiq ittifoqda perseptronlar sohasidagi izlanishlarning jadallashuvi (asosiy buyurtmachi – harbiy tashkilotlar).

- 1970-chi yillar oxiri. Miya faoliyati to'g'risidagi bilimlarning jamlanishi, hamda mikroelektronika va kompyuter texnikasi sohasidagi juda katta texnikaviy progress sun'iy neyron to'rlariga bo'lgan qiziqishni qaytadan tiklashga sababchi bo'ldi.

- 1982-1985 yy. Dj. Xopfile (J. Hopfield) assotsiativ xotirani modellashtiruvchi, neyron to'rlarini optimallovchi oila turkumini taklif qildi.

- 1985 y. Birinchi savdo sohasiga mo'ljallangan neyrokompyuterlarning paydo bo'lishi, masalan, Mark III TRW firmasi (AQSH).

- 1987 y. AQSH, Yaponiya va G'arbiy Yevropada («Human Frontiers» yaponiya davlati dasturi va yevropa dasturi «Basic Research in Adaptive Intelligence and Neurocomputing») SNT va NT sohasidagi ishlanmalarga keng miqyosda moliyalashtirishning boshlanishi.

- 1989 y. SNS va NS sohasidagi ilmiy izlanishlar va ishlanmalar barcha yirik elektrotexnika firmalari tomonidan amaliy jihatdan yo'lga qo'yildi. Neyrokompyuterlar savdo bozorining eng dinamik sektorlaridan biriga aylandi (ikki yil mobaynida sotish hajmi besh barobar o'sdi). AQSH da harbiy soha vazirligining DARPA (Defence Advanced Research Projects Agency) agentligi tomonidan turli tuman sohalarga qo'llash uchun juda tez ishlaydigan neyron to'rlarini namunalari yaratish dasturini moliyaviy qo'llab quvvatlashni boshladi.

- 1990 y. Sobiq ittifoqda SNT va NT sohasidagi ilmiy izlanish institutlari faoliyatining faollashishi (Kiyevda Glushkov nomidagi kibernetika instituti, Taganrogdagi mikroprotessorli hisoblash sistemalari instituti, Rostov-Dondagi neyrokibernetika instituti).

SNT va NT sohasiga ixtisoslashgan firmalarning umumiy soni uchyuzgacha bordi.

- 1991 y. Jaxon bozorida SNT va NT yillik sotish hajmi 140 million dollarga yetdi. Moskva, Kiyev, Minsk, Novosibirsk, S.-Peterburgda neyrokompyuterlar markazlari tashkil topdi.

- 1992 y. SNT sohasidagi ishlanmalar jadal rivojlanish darajasiga chiqdi. Har yili neyron to'rlari bo'yicha o'ndan ortiq halqaro konferensiyalar va forumlar o'tkazildi, mazkur tematika bo'yicha ixtisoslashgan davriy ilmiy nashriyotlar tomonidan 20 dan ortiq nomdagi risolalar chop qilindi.

- 1996 y. SNT va NT bo'yicha xalqaro konferensiyalarning soni 100 gacha bordi.

- 1997 y. Jaxon bozorida SNT va NT mahsulotlarini sotish hajmi 2 mlrd.dollardan, yillik o'sish esa 50% dan oshdi.

- 2000 y. Submikronli texnologiya va nanotexnologiyalarga o'tish, hamda molekulyar va biomolekulyar texnologiyalarning jadal rivojlanishidagi erishilgan yutuqlar, muvaffaqiyatlar neyrokompbterlarni yaratish bo'yicha prinsipial yangi arxitekturalarni va texnologik yechimlarni keltirib chiqardi.

Sun'iy neyron to'rlarining iqtisodiy sohadagi rivojlanishi:

2010 y. Investitsiya jarayonlari, portfel investitsiyalar va ularning xususiyatlari hamda sun'iy neyron to'rlaridan foydalangan holda moliyaviy vaqt seriyasini bashorat qilish va portfelni optimallashtirish uchun sun'iy neyron to'rlaridan ko'plab xorijiy mutaxassislar foydalanishgan va tadqiqot olib borishgan. Jumladan, U.Sharp, G.Aleksander, Dj.Beylilar o'zlarining dunyoga mashhur "Investitsii" kitobida moliyalashtirishning maqsadlari va vositalarini batafsil va tushunarli tarzda yoritib, barcha turdagi qimmatli qog'ozlar va fond bozorlarini tavsiflab berishgan, ularning ishlash nazariyasi va amaliyotini aks ettirishgan, investitsiyalarni boshqarish usullari ko'rib chiqilgan, aniq misollar, grafikalar, jadvallar yordamida investitsiyalarning globallashuvi muammolarini aks ettirishgan

2007 y. L.Dj.Gitman, M.D.Djonklar investitsiya faoliyatining global jihatlari, investitsiyalarning iqtisodiyotdagi o'rni, investitsiya maqsadlariga erishish strategiyasi va vositalari, investitsiya jarayoni ishtirokchilari, investorlar va investitsiyalar turlari, investitsiya

vositalari va eng asosiysi hududlarga investitsiyalarni jalb etishda uning jozibadorligi baholash bo'yicha tavsiyalarni keltirib o'tishgan.

2003 y. K.R.Makkonnell, S.L.Bryular iqtisodiyotning eng muhim muammolariga bag'ishlangan: makro va mikroiqtisodiyot, milliy daromad, bandlik, kredit, moliyaviy va soliq siyosati, jahon iqtisodiyotini keng o'rganishgan.

2011, 2020 yy. Sun'iy intellekt aktivlarni boshqarish sohasida samaradorlik, aniqlik va muvofiqlikni oshirish orqali portfelni boshqarish, savdo va risklarni boshqarish orqali xavflarni modellashtirish va prognoz qilish bo'yicha Söhnke Bartram, Jürgen Branke, Mehrshad Motaharilar (2020), A.Nazif Catik, Mehmet Karaçukalar (2011) sun'iy neyron to'rlarining Turkiya uchun muqobil bir o'lchovli vaqt qatorlari modellari yordamida inflyatsiyani prognoz va tahlil qilishni amalga oshirishgan.

2019 y. Michael Furtwaengler (May, 2019) tadqiqotida Tobias neyron to'rlarini riskning qavariq chegaralari konsepsiyasining asosiy bozor dinamikasi to'g'risida qat'iy optimal xedjerlik strategiyasini aniqlash uchun maqbul ko'rsatkichlarga yaqin baholarni topishda foydalangan.

2017 y. Samuel Björklund, Tobias Uhlinlar portfel vaznlarini optimallashtirish maqsadida moliyaviy vaqt qatorining kutilayotgan rentabelligini taxmin qiladigan sun'iy neyron to'r modelini yaratishgan. Tegishli kontekstda kelgusi daromadlar prognozidan foydalanishni baholash uchun stoxastik dasturlashdan foydalangan holda portfelni optimallashtirish modelini tuzishgan. Moliyaviy vaqt qatorini bashorat qilish va portfelni optimallashtirish uchun sun'iy neyron to'rni ishlab chiqishgan.

1998 y. Teuvo Koxonen neyron to'rlar yordamida kvantlangan mos omillar vektorlari yoki kod daftari vektorlari yordamida ijtimoiy-iqtisodiy ma'lumotlarni qayta ishlashda ishlatiladigan klassik klasterlash va vektorli kvantlash algoritmini yaratgan.

2014 y. Martin T. Hagan, Howard B. Demuth, Mark H. Bealelar neyron to'rining asosiy arxitekturalari, ularni o'qitish qoidalarning aniq va batafsil tavsifini ishlab chiqishgan. Bundan tashqari asosiy neyron to'rlarining ketma-ket taqdim etilishini, ularni o'qitish usullari va amaliy muammolarni hal qilishni ko'rsatib berishgan.

2008 y. MDH davlatlarida ham mavzu doirasida bir qator mutaxassis-olimlar tadqiqot olib borishgan xususan, Y.P.Zaychenko (2008) sun'iy intellektning bir qismi bo'lgan noaniq logika va noaniq neyron to'rlari tizimlari va ularni turli xil amaliy masalalarda qo'llash sohalarini tadqiq etgan.

2002 y. V.V.Kruglov va V.V.Borisov (2002) sun'iy neyron to'rlari nazariyasi masalalari ko'rib chiqishgan bo'lib, neyron to'rlarning zamonaviy dasturiy qobiq-imitatorlarini, shuningdek ularni obrazlarni tanib olish, klasterlash, prognozlash, optimallashtirish masalalarini yechish uchun neyroto'rli ekspert tizimlarini qurish va ulardan foydalanishga yaratishga katta hissa qo'shishgan.

2017 y. YE.A. Trofimova, V.D. Mazurov, D.V. Gilevlar (2017) neyron to'rlarini sozlash usullari va amaliy iqtisodiyot muammolarini hal qilish uchun metodni aniqlash, shu jumladan Rozenblattning perseptroni, Xemming to'ri, chiziqli dasturlash usullari ustida ilmiy tadqiqotlar olib borishgan va yuqori natijalarga erishganlar.

2004 y. Barskiy A.B. (2004) fan, iqtisodiyot, moliya va san'atdagi axborot va boshqaruv tizimlarini qurishda neyron to'r texnologiyalaridan foydalanish ustida ilmiy tadqiqotlar olib borgan. Statik va dinamik rejimlarda o'qitishning oddiy usullarini yaratgan. Qaror qabul qilish tizimlarining xususiyatlari ustida ishlar olib borgan.

Mamlakatimizda milliy iqtisodiyotni rivojlantirish, hududlarning investitsiya muhitini oshirish bo'yicha akademik S.S.G'ulomov, investitsiya salohiyatini yaxshilash, investitsiyadan samarali foydalanish usullari bo'yicha R.X.Alimov va N.M.Mahmudovlar, iqtisodiy jarayonlarni modellashtirish hamda takomillashtirish bo'yicha SH.Shodiyev va B.T.Salimovlar investitsiyalarni tarmoqlararo taqsimlanishini noaniq logika asosida modellashtirish yo'nalishlarida N.R.Yusupbekov, H.Z.Igamberdiyev, T.F.Bekmuradov, M.M.Komilov, R.Hamdamiyev, Y.G.Shipulin, A.Maraximov, A.I.Nishanov, D.T.Muxammadiyeva, B.T.Bayxonov kabi olimlar ilmiy izlanishlar olib borishgan

Ammo iqtisodiyot tarmoqlariga axborot tizimlarini joriy etish usullari, intellektual neyron to'r tizimlari asosida modellashtirish

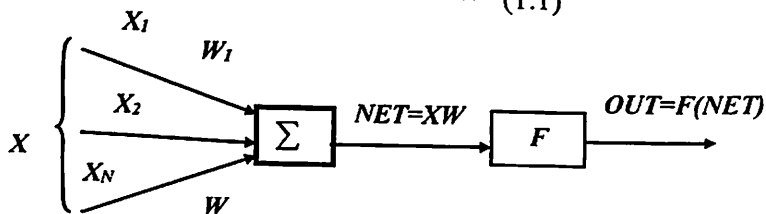
tamoyillari, iqtisodiyotda intellektual neyron to‘r tizimlaridan foydalanish samaradorliklari, ularning o‘zaro aloqadorligi, raqamli iqtisodiyotning rivojlanish shart-sharoitlari kabi muhim jihatlar chuqur ilmiy-nazariy o‘rganilmagan. Iqtisodiyotni raqamlashtirish rivojida innovatsion texnologiya va g‘oyalarni ilmiy ishlab chiqilishi va shuning negizida qonuniy – meyoriy asosini takomillashtirish juda katta ahamiyatga ega. O‘tmishda yaxshi natija bergan qisqa, o‘rta va uzoq muddatli prognozlash va qaror qabul qilish modellari bugungi kun talablariga javob bermasligi mumkin, bu esa o‘sha modellarni takomillashtirish yoki yangisini yaratishni taqozo etadi. Ushbu muammo esa mazkur tadqiqot mavzusining dolzarbligini yanada oshiradi.

2.2. Sun‘iy neyron modeli

Sun‘iy neyron. Sun‘iy neyron biologik neyronning xossalarini imitatsiya qiladi. Sun‘iy neyronning kirishiga bir qator signallar to‘plami beriladi, ularning har biri boshqa bir neyronning chiqishi hisoblanadi. Har bir kirish signali mos ravishda vazn koeffitsiyentiga ko‘paytiriladi, sinaptik kuchga o‘xshash holda, va barcha ko‘paytmalar jamlanadi, neyronning aktivlik darajasi aniqlanadi. Quyida 2.4-rasmda aytilgan g‘oyalarni amalga oshiruvchi Sun‘iy neyronning modeli keltirilgan [36,37,38,39].

Kirish signallarining to‘plami, x_1, x_2, \dots, x_n ko‘rinishida belgilanib Sun‘iy neyronning kirishiga beriladi. Bu kirish signallari, ularning barchasini to‘plami $X = \{x_i\}_{i = \overline{1, n}}$ vektor ko‘rinishida belgilanadi, mos ravishda signallar biologik neyronning sinapslariga beriladi. Endi har bir signal mos ravishda vazn koeffitsiyentiga $W = \{w_i\}_{i = \overline{1, n}}$ ko‘paytiriladi, jamlovchi \sum blokda signallar jamlanadi. Jamlovchi blok Sun‘iy neyronning biologik elementi jismiga mos keladi, u kirish signallarini algebraik qo‘shadi, natijada chiqish signali hosil bo‘ladi, unga NET deb nom qo‘yamiz. Chiqish signallari vektor ko‘rinishida quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$NET = X * W \quad (1.1)$$



2.4-rasm. Sun'iy neyron

NET signali, qoidaga binoan, F aktivlashtirish funksiyasi bilan o'zgartiriladi va OUT chiqish signalini hosil qiladi. Neyronning aktivlashtirish funksiyasi odatda prog funksiyasi ko'rinishida bo'ladi:

$$\begin{aligned} OUT &= 1, \text{ Agar } NET > T, \\ OUT &= 0, \text{ boshqa hollarda.} \end{aligned} \quad (2.2)$$

bu yerda T – porogning birorta doimiy qiymati, yoki funksiyasi, aniq qilib aytadigan bo'lsak biologik neyronning modellashtiruvchi nochiziq uzatish xarakteristikasi. Agar boshqa hollarda

2.4-Rasmdagi belgilangan F , NET signalini qabul qilib OUT chiqish signalini hosil qiladi. Agar F blok NET signalining miqdor diapazonini kichraytirsa, qisqartirsa, natijada NET ning har qanday qiymatida OUT chiqish signalining qiymati birorta chekli intervalga tushadi, u holda F funksiyasi “siquvchi” funksiya deb nomlanadi.

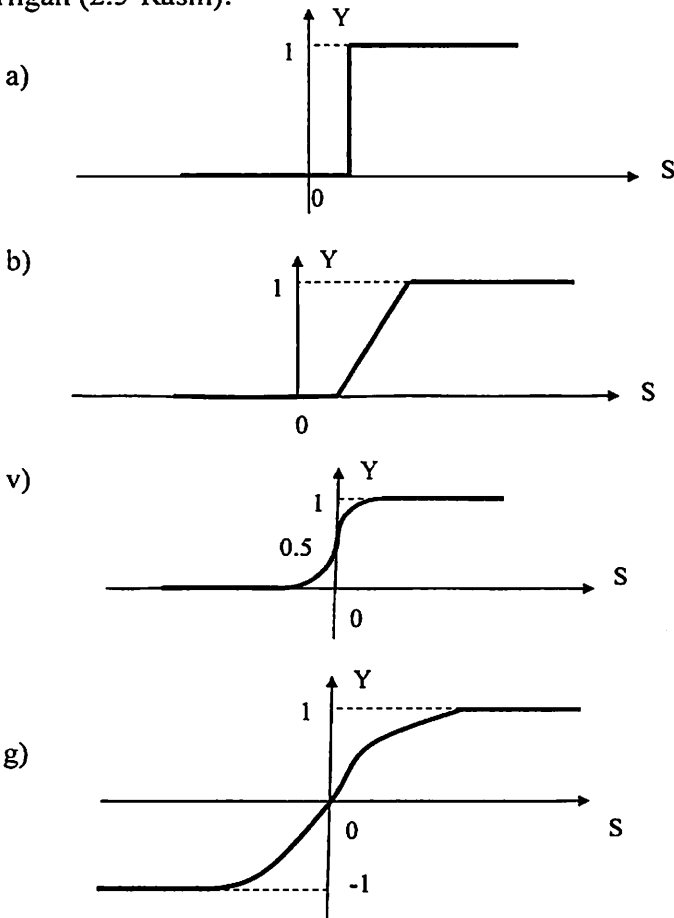
Faollashtirish funksiyalari. “Siquvchi” funksiya sifatida ko'pchilik hollarda logistik funksiyadan foydalanishadi. Neyronni aktivlashtirish funksiyalari quyidagi jadvalda keltirilgan [38,39,40].

1- Jadval

Nomi	Formulasi	Qiymatlar sohasi
sathli (birlik sakrash funksiyasi)	$f(s) = \begin{cases} 0, & s < \Theta; \\ 1, & s > \Theta \end{cases}$	{0,1}
Chiziqli	$f(s) = ks$	{ $-\infty$; $+\infty$ }
Logistik (sigmoid)	$f(s) = \frac{1}{1 + e^{-as}}$	(0,1)

Giperbolik tangens	$f(s) = \frac{e^{as} - e^{-as}}{e^{as} + e^{-as}}$	(-1,1)
Chiziqli to'yintirilgan (chiziqli sath)	$f(s) = \begin{cases} 0, & s < \Theta; \\ ks, & 0 \leq s < \Theta; \\ 1, & s > \Theta \end{cases}$	(0,1)

Aktivatsion funksiyalarning grafiklari quyidagi rasmda keltirilgan (2.5-Rasm):



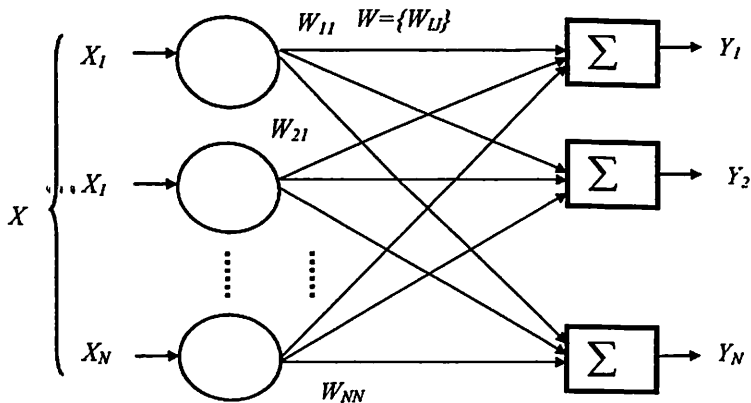
2.5-rasm. Aktivlashtiruvchi funksiyalarga misollar:

- a) birlik sakrash funksiyasi; b) chiziqli sath; v) logistik funksiya;
g) giperbolik tangens

Ko'rib chiqilgan modellar soddalashtirilgan biologik neyronga nisbatan tavsiflangan sistemalar perseptron deb nom oldi.

Bir qatlamli Sun'iy neyron to'rlari. Hatto bitta neyron ham sodda anglash protseduralarini bajarishga qobiliyati yetadi, neyron hisoblashlarining kuchi neyronlar birlashmasidagi to'rga tarqaladi. Oddiy to'r bir guruh neyronlardan tashkil topadi, ular qatlam tashkil qiladi, quyidagi rasmda ko'rsatilganday (2.6-Rasm).

Rasmdagi aylanalar kirish signallarini taqsimlash uchun xizmat qiladi. Ular qandaydir bir hisoblashlarni bajaradi, va shu boisdan ham qatlam deb hisoblanmaydi. Qatlamlarni ifodalash uchun rasmda to'rt burchaklardan foydalanildi, to'rt burchaklar neyronlarni ifodalaydi. Kirish signallari to'plamining har bir elementi neyronlar bilan alohida bog'langan. Har bir neyron to'rga kirishlarning o'lchangan summasini beradi. Sun'iy va biologik neyron to'rlarlarida ko'p bog'lanishlar ko'rsatilmaligi mumkin, bu yerda barcha bog'lanishlar umumlashgan holda ko'rsatilgan.



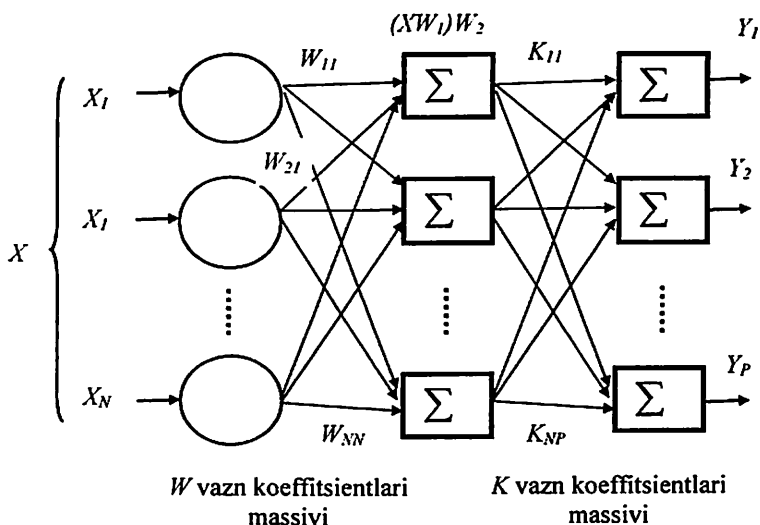
2.6-rasm. Bir qatlamli neyron to'ri

Ko'p qatlamli Sun'iy neyron to'rlari. Ancha katta va murakkab neyron to'rlari, odatda, juda katta hisoblash imkoniyatlariga ega bo'ladi. Ikki qatlamli Sun'iy neyron to'rining bir varianti quyidagi rasmda keltirilgan 2.7-Rasm. Ko'p qatlamli to'r ketma-ket joylashgan neyronlar va ularning vaznlari bilan kaskad ko'rinishida hosil qilinadi. Kirish qatlami jamlash, summalash amalini bajarmaydi, balki birinchi qatlam neyronlari

uchun vaznlarni tarmoqlantirish vazifasini o'taydi va to'ring hisoblash imkoniyatlariga ta'sir qilmaydi.

Ko'p qatlamli to'rlar bir qatlamli to'rlarga qaraganda hisoblash imkoniyatlarini anchagacha oshirishi mumkin, agar qatlamlar orasidagi aktivlashtirish funksiyasi noxiziq bo'lsa. Aks holda, har qanday chiziqli ko'p qatlamli to'r ekvivalent tarzda bir qatlamli to'r bilan almashtirilishi mumkin.

To'rlarning faoliyat ko'rsatish prinsiplari bir qatlamli to'rlar bilan o'xshash, hamohangdir. Keyingi qatlamdagi har bir neyronda oldingi qatlamdagi neyronga mos keluvchi qiymat neyronning vazniga ko'paytiriladi va summasi hisoblanadi. Undan keyin sonli qiymatlar aktivlashtirish funksiyasi bilan o'zgartiriladi va hakoza.



2.7- rasm. Ko'p qatlamli neyron to'ri.

Ko'p qatlamli neyron to'rlari qatlamlar kaskadi ko'rinishida tashkil qilinadi. Bitta qatlamni chiqishi keyingi qatlam uchun kirish sanaladi, yuqoridagi rasmga qaralsin.

Ko'p qatlamli to'rlar shunday bir holatlarda bir qatlamli to'rga nisbatan hisoblash quvvatini oshirmasligi mumkin, agar qatlamlar orasidagi aktivlashtirish funksiyasi chiziqli bo'lmasa. Chiqish qatlamidagi hisoblashlar quyidagicha amalga oshiriladi, kirish

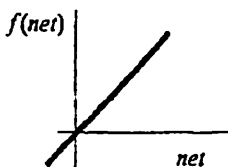
vektorlari birinchi qatlamning vazn koeffitsiyentlari matritsasiga ko'paytiriladi, olingan natija ikkinchi qatlamdagi vazn koeffitsiyentlari matritsasiga ko'paytiriladi va hakoza (agar nochiziq aktivlashtirish funksiyasi bo'lmasa). Matritsalarini ko'paytirish assotsiativ tarzda bajariladi, demak ikki qatlamli to'r ekvivalent bo'ladi bir qatlamli to'rga yangi vazn koeffitsiyentlari matritsasi bilan, va hakoza. Demak, har qanday ko'p qatlamli neyron to'rini ekvivalent tarzda yangi vazn koeffitsiyentli matritsali bir qatlamli to'rga almashtirish mumkin.

Signalni aktivligini hisoblash qoidalari. Barcha elementlar uchun chiqish signalini qiymatini hisoblash qoidasi mavjud, keyinchalik uni boshqa elementlarga yoki tashqi muhitga uzatish nazarda tutadigan. Bu qoida aktivlashtirish funksiyasi deb ataladi va mos ravishda unga mos chiqish qiymati elementning aktivligi deb ataladi. Aktivlik bo'lishi mumkin har qanday haqiqiy miqdor yoki biror intervaldagi (masalan, $[0,1]$) yoki aniqlangan biror diskret qiymatlar nabori (masalan, $[0,1]$ yoki $\{-1,-1\}$). Aktivlik funksiyasi kirishiga konkret elementning kirishlarini kombinatsiyalashgan qiymatlari kelishi mumkin. Aktivlik funksiyalariga quyida misollar keltiramiz.

Ayniyat funksiyasi. Kirish elementlari uchun aktivlik funksiya ayniyat funksiyasi bo'lishi mumkin, odatda bu shundan iboratki, aktivlikni qiymati (boshqa elementlarga jo'natilayotgan signal) kombinatsiyalashgan kirishga aynan teng bo'ladi (2.7-rasm)

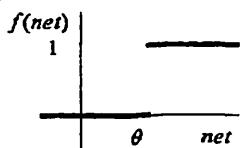
Odatda kirish elementlari, kirish signallarini to'rning boshqa elementlari orasida tarqatish uchun mo'jallangan, shu boisdan ham kirish elementlari uchun odatda talab qilinadi, ya'ni bu elementdan chiqayotgan signal, xuddi kirish signaliday bo'lsin. Kirish elementlarining neyron to'rining boshqa elementlaridan farqi shundaki, kirish elementlari faqat bitta kirish qiymatiga (miqdorga) ega. Masalan xar bir kirish elementi, o'ziga mos keladigan datchikdan signalni qabul qilib olishi mumkin, samolyot fyuzelatida joylashgan. Bu bitta element to'rning barcha elementlari bilan (ko'plagan elementlari) bog'lanishi, bog'langan bo'lishi mumkin, demak ma'lumotlar, bitta datchikdan olingan, to'rning bir qancha elementlari orasida taqsimlangan bo'ladi. Bilamizki neyron to'rining kirish elementlari aynan tashqi muhitdan olinga signallarni

taqsimlash uchun yo'naltirilgandir. Ko'pchilik izlanuvchilar, umuman kirish elementlarini neyron to'ring qismi deb hisoblashmaydi.



2.8-rasm. Bu yerda aktivlik aynan kombinatsiyalashgan kirishga teng. Shunga e'tibor berinki aktivlik $f(net)$ simvoli bilan ifodalanadi.

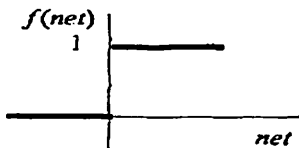
Sath funksiyasi. Neyron to'rlarining ko'pchilik modellarida nochiziq ko'rinishdagi aktivlik funksiyasidan foydalanishadi. Sath fuksiyasi aktivlikni 1 yoki 0 qiymat bilan cheklanadi, kombinatsiyalashgan kirish qiymatlariga bog'liq holda, birorta sath miqdorning qiymati 0 bilan solishtirib, u quydagi rasmda tasvirlangan.



$$f(net) = \begin{cases} 1, & \text{agar } net, \geq \theta, \\ 0, & \text{agar } net, < \theta \end{cases}$$

2.9-rasm. Sath funksiyasi.

Ko'pchilik hollarda sathni qiymatini hisoblab topish (ko'chish yoki surilish deb nomlanuvchi) kombinatsiyalashgan kirish qiymatlarini miqdoridan va sath funksiyasini quyidagi rasmda ko'rsatilganday, matematik ekvivalent shaklda qarash qulaydir.

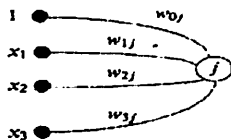


$$net_j = W_0 + \sum_{i=1}^n X_i W_{ij}$$

2.10-rasm. Sath funksiyasi hisobga olingan surilish bilan.

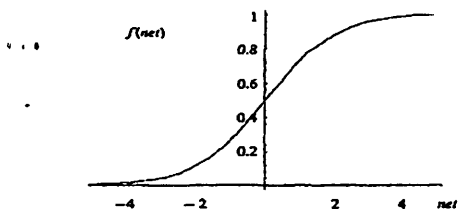
Surish odatda bog'lovchi sifatida talqin qilinadi, elementdan chiquvchi, uning aktivligi har doim 1ga teng, quyidagi rasmda ifodalangan. Bunday holda kombinatsiyalashgan kirishni quyidagicha tasavvur etish mumkin.

$$net_j = \sum_{i=1}^n x_i w_{ij}. \text{ Bu yerda } x_i \text{ hamma vaqt 1ga teng deb qaraladi.}$$



2.11-rasm. Ko'chish komponentasini qulayligi uchun ko'pchilik hollarda oldingi qatlam elementlari bilan bog'lanuvchi sifatida talqin qilinadi, chunki bu elementning aktivligi har doim 1ga teng.

Sigma ko'rinishli funksiya. Ancha ko'p qo'llaniladigan aktivlik funksiyalardan bittasi sigmoidal funksiya hisoblanadi. Bunday funksiyaning chiqish qiymati 0 dan 1 gacha bo'lgan diapozonni uzliksiz to'ldiradi. Misol tariqasida quyidagi rasmda ko'rsatilgan logistik funksiya xizmat qilishi mumkin.



$$f(net) = \frac{1}{1 + \exp(-net)}$$

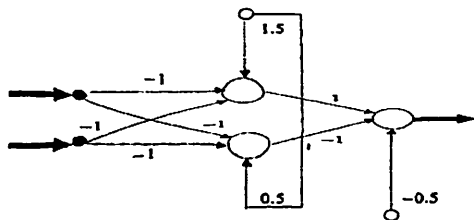
2.12-rasm. Logistik funksiya uchun chiqish qiymatini sohasi va qiyaligi xar xil bo'lishi mumkin. Masalan, bipolyar sigmoid uchun chiqish qiymatlari sohasi -1 va 1 diapozon hisoblanadi.

Misol. Bu misol yuqorida keltirilgan tushuntirishlarni namoyish qiladi. Tasavvur qilamiz, bu yerda ko'rilayotgan to'r XOR munosabatni tushinadi. Munosabat XOR kirish miqdorlarining ikkilik juftini, ya'ni 0 va 1, akslantiradi, uning qiymatlari quyidagi jadvalda aniqlangan [38,39,40].

2-Jadval. XOR ni aniqlash.

Kirish		Chiqish
X_1	X_2	
1	1	0
1	0	1
0	1	1
0	0	0

Modelning neyron to'ri quyidagi rasmda keltirilgan. Bunday holatda to'r to'g'ri bog'lanishlidir, unda ikkita kirish elementi, ikkita yashiringan element va bitta chiqish elementi bor. To'g'ri bog'lanish shuni ko'rsatadiki, demak hamma bog'lanishlar bir yo'nalishda bo'ladi, ya'ni kirish qatlamidan chiqish qatlamiga qarab. Yashirin elementlari shunday deb nomlanadi, chunki bu elementlar tashqi muhitdan to'g'ridan - to'g'ri ma'lumotlar olmaydi va ma'lumotlarni bevosita tashqi muhitga jo'natmaydi.



2.13-rasm. Misol uchun neyron to'ri.

Bu holatda tashqi muhit rolini biz o'zimiz o'ynashimiz mumkin, to'rni kirishiga har xil qiymatlarni berib (ya'ni kirish elementlariga,) va to'rning chiqishidagi, olinadigan natijalarini kuzata turib. To'rning elementlari qatlamlarga bo'lingan: kirish qatlami kirish elementlardan iborat, yashirin qatlam - yashirin elementlardan, chiqish qatlami chiqish elementlardan iborat. Har bir qatlamdagi elementlarning soni yechiladigan muammoga bog'liq, biz unga keyingi boblarda batafsil to'xtalamiz. Hozircha biz e'tiborimizni shunga qaratamizki, ya'ni kirish elementlarini soni strukturaga kiritiladigan miqdorlarning soniga teng, chiqish elementlarini soni esa mazkur strukturada chiqish elementlariga jo'natiladigan miqdorlarning soniga teng. Bizning holatimizda

kombinatsiyalashgan kirishning qiymati quyidagi formula bilan hisoblanadi.

$$net_j = \sum_{i=0}^n X_i W_{ij}$$

Chiqish esa sath funksiyasini qo'llash natijasida olinadi.

$$f(net) = \begin{cases} 1, & \text{agarnet} \geq 0 \\ 0, & \text{agarnet} < 0 \end{cases}$$

Bilamizki, demak kirish qatlami elementlari uchun aktivlik kombinatsiyalashgan kirish qiymatlari bilan mos tushuvchi qiymat tavsiflanadi. Signalarning to'ra tarqalishi kirish qatlamida chiqish qatlamiga qarab shunday amalga oshiriladiki, har bir konkret kirish qatlamlarining ketma-ket nabor uchun ularni qayta ishlash quyidagicha bo'ladi:

Kirish qatlami → yashirin qatlam → chiqish qatlami.

Kirish ma'lumotlari sifatida yuqorida keltirilgan jadvalning birinchi juftini qaraymiz, ya'ni [1,1] juftlikni. Yashirin qatlamning 1,5 surilishli birinchi elementi uchun quyidagini olamiz.

$$net = (X_0 \times 1,5) + (X_1 \times (-1)) + (X_2 \times (-1)) = (1 \times 1,5) + (1 \times (-1)) + (1 \times (-1)) = -0,5$$

demak elementning chiqish qiymati 0 bo'ladi. Ikkinchi yashirin element uchun, 0,5 surilishli olamiz

$$net = (X_0 \times 1,5) + (X_1 \times (-1)) + (X_2 \times (-1)) = (1 \times 1,5) + (1 \times (-1)) + (1 \times (-1)) = -1,5$$

demak elementning chiqish qiymati bu holda 0 bo'ladi. Chiqish elementi uchun, -0,5 surilishli olamiz

$$net = (X \times (-0,5)) + (X_2 \times 1) + (X_2 \times (-1)) = (1 \times (-0,5)) + (0 \times (-1)) + (0 \times (-1)) = 0,5$$

demak uning chiqish qiymati 0 bo'ladi. Agar bu protsedurani jadvalning qolgan juftligi uchun qo'llasak, biz shunga amin bo'lamizki bu neyron to'riining chiqish jadvalining oxirgi ustuni qiymatlariga mos keladi.

Korreksiyalovchi bog'lanishlar, o'qitish qoidalari [40-44].

Neyron to'rlarining birdan bir afzalligi shundan iboratki, ular qoidalarning birligini tasavvur etadi, bular yordamida neyron to'ri avtomatik tarzda dasturlashtirilishi mumkin. Masalan, XOR amalga oshiradigan quyidagi funksiyani ko'rib chiqishimiz mumkin. Bu yerda && - YOKI/YOKI amali (inkor etuvchi YOKI – (isklyuchayushiy ILI)).

```

int XOR (int val_1, int val_2)
{ If (val_1 == 1 && val_2 == 1)
  Return 0;
  If (val_1 == 0 && val_2 == 0)
  Return 0;
  If (val_1 == 1 && val_2 == 0)
  Return 1;
  If (val_1 == 0 && val_2 == 1)
  Return 1;
}

```

Bu tuzilgan kod (dastur matni) optimal va bu funksiyani amalga oshirish mumkin emas deb aytish mumkin emas. Biz buni ko'rdik, ya'ni misolda aynan shu masala bajarildi. XOR amalini to'g'ri bajarish elementlarni joylashtirilishiga, aktivlik funksiyasini tanlanishiga va vazn qiymatlarining naboriga bog'liq. Elementlarni joylashtirish o'qitishning boshida odatda o'zgarmas (fiksirovano) va xuddi shunday aktivlik funksiyasi ham.

2.3. Sun'iy neyron to'rlarini o'qitish

Sun'iy neyron to'rini o'qitish tushunchasi [33-35,39-43].

Pedagogika ilmida o'qitish o'z o'rnini topgan va juda keng ishlatiladigan termindir. O'qitish deganda ta'lim olishning asosiy yo'lini, pedagoglar, masterlar (ustalar), ustozlar va boshqalar rahbarligida bilimlarni, bajaraolishni va ko'nikmalarni egallash jarayoni tushuniladi. Ta'lim olish mobaynida o'quvchi ijtimoiy tajribani o'zlashtiradi, obyektiv borliqqa bo'lgan qimmatli-emotsiyali munosabatlari shakllanadi. Individual, shaxsiy imkoniyatlarining rivojlanishi, o'quvchilarning qiziqishlari differensiallangan o'qitish jarayonida amalga oshiriladi va bu tarbiya bilan chambarchas bog'langan.

Xuddi shunday "o'qitish" termini Sun'iy intellekt tizimlarini qurish amaliyoti va nazariyasida ham o'z o'rnini topgan va undan foydalanishmoqda. Pedagogika fanining tajribalarini umumlashtirish Sun'iy intellektli tizimlarni o'qitish nazariyasining ilmiy-metodologik apparatini juda ham ko'p boyitishi mumkin.

O'tgan asrning 50 yillarining o'rtalarida intellektli tizimlar keng rivojlana boshladi. Juda ko'p intellektual tizimlar yaratildi, biroq keyingi paytlarda jadal rivojlanayotgan intellektual tizimlarning sohasi neyrotarmoq tizimlar hisoblanadi. Umuman olganda neyrotarmoq tizimlarning asosida jonli mavjudotlarning, xususan insonning miya faoliyatini modellashtirish g'oyasi yotadi. Shu boisdan ham ilmiy adabiyotlarda Sun'iy neyron to'rlari (SNT) termini ishlatiladi. Shuni esda tutish kerakki jonli mavjudotlarning miya tuzilishini asosini biologik neyron to'rlari hosil qiladi.

Biologik neyron to'rlarining element bazasini ximiyaviy asoslangan strukturalar, Sun'iy neyron to'rlarining asosini esa mikroelektronikaga asoslangan strukturalar tashkil etadi. Sun'iy neyron to'rlari shaxsiy kompyuterlar asosida qurilishi mumkin. Sun'iy neyron to'rlarining strukturasi medik olimlar tomonidan jonli mavjudotlarning miya tuzilishini o'rganish natijasida aniqlandi.

Sun'iy neyron tshrlarining rivojlanishidagi yangi rezonans (jonlanish) 1984-yilda yaratilgan yangilik, ixtiro neyron to'rlarini sozlash metodi – xatolikning teskari tarqalish metodi. Metod juda samarali hisoblandi va xalq xo'jaligining turli sohalarida neyron to'rlarini qo'llash bo'yicha ommaviy ilmiy izlanishlarni olib borishga asos soldi.

Barcha manbalarda, jumladan 1945-yilda oddiy to'rlarni o'rganishdan boshlab, SNT ning vazn koeffitsiyentlarini sozlash (aniqlash) jarayoni o'qitish jarayoni sifatida qaraladi. "O'qitish" termini SNT bo'yicha mutaxassislar tomonidan amaliyotga keng tadbiiq qilinmoqda, bunga hech qanday shak-shubha yo'q. Shunday qilib, biologik va Sun'iy neyron to'rlarining metodologik bazasini o'qitish protsedurasini tashkil qiladi.

Neyron to'rlarini amaliy ilmiy-texnikaviy ilovalarga tadbiiq qilish xususiyatlarini o'rganish tajribasi Sun'iy neyron to'rlarini o'qitish protsedurasini amalga oshirish va pedagogika ilmining asoslariga mos ravishda o'quvchilarni o'qitish protsedurasining o'xshashligini namoyon qilmoqda. O'xshashlik shundan iboratki, o'qitish protsedurasini amalga oshirish uchun shunday bir misollarni maxsus tanlash uslubini ishlab chiqish zarur, o'qitish alohida misollarni bosqichma-bosqich o'zlashtirish bilan amalga oshiriladi. Natijada o'qitish sifati na faqat misollarning soniga, balki ularning

tarkibiga, mazmuniga ko'proq bog'liq, ta'lim jarayonida takrorlashlarga ko'p o'rin ajratilgan, har bir bosqichda vazn koeffitsiyentlarining qiymatlari, o'qitish tizimining strukturasi va davriyligi o'zgaradi.

Muhim o'xshashlik jihatlaridan bittasi shundan iboratki, ya'ni o'qitilgan Sun'iy tizim xuddi insonga (mutaxassisga) o'xshab o'qitilgandan keyin tanlangan o'qitish tipidagi masalarga kirmagan (o'xshamagan) masalalarni muvaffaqiyatli yechishi mumkin.

Asosiy o'xshashlik quyidagilardan iborat:

1. O'qitish sifati ko'p jihatdan na faqat tanlab olingan misollarning soniga, balki ularning sifatiga, tarkibiga, mazmuniga ko'proq bog'liq. Agar shunday tasavvur qilsak, ya'ni barcha tanlab olingan misollar birorta funksional bog'lanishlar bilan bog'langan bo'lsa, u holda juda yaxshi samara shunday bir holatda olinadiki, qachonki misollar funksional bog'lanishning turli sohalariga mansub bo'lsa. Ma'lumki, ayrim hollarda bir qancha misollar yetarlicha hisoblanadi, neyron to'ri ko'rinishidagi intellektual tizim bog'lanishlarni aniqlab bersa. Insonni o'qitishda ham birinchi navbatda xuddi shunday masala qo'yiladi, ya'ni ta'lim oluvchi o'qiladigan misollarning asosiy bog'lanishlarini yoki yechish tartibini, algoritmini tushunishi (aniqlashi) zarur. Demak misollarni yechish metodikasini o'zlashtirish, algoritmini tushunib yetish asosiy hisoblanadi, o'quv materialini mustahkamlash esa takrorlash yoki treninglar hisobiga erishiladi.

Ko'p jihatdan pedagogning ustamonligi, misollarning asosiy bog'lanishlarini aniqlashga yoki yechimga olib boradigan asosiy yondashuvlarga yo'naltirilgan o'qitishning qanday qurilganligiga, tashkil etilganligiga, misollarni tanlash va o'zlashtirish darajasini nazorat qilishga bog'liqliq. Ma'lumki, ayrim hollarda yuqori natijalarga erishish uchun tajribali pedagogning bir nechta mashg'uloti yetarlicha hisoblanadi. Ko'rinish turibdiki, tajribali pedagog o'quvchiga shunday ta'lim beradiki, materialni o'rgatadiki, natijada o'quvchida misollardagi asosiy bog'lanishlarni aniqlab olish ko'nikmasi hosil bo'ladi. O'quv materialini mustahkamlash esa mustaqil tarzda yoki tajribasi ancha past bo'lgan pedagog rahbarligida amalga oshirilishi mumkin.

2. O'zlashtiriladigan materialni takrorlash jabhasi. Har qanday sohada o'quv materialini o'zlashtirishning xususiyatlaridan bittasi shundan iboratki o'zlashtiriladigan materialni yoki yechiladigan misollarni takrorlash zarur. Sun'iy neyron to'rlarida ham davriy tarzda o'qitish tanlanmasidagi misollardan olib "taqdim etiladi", keyin esa vazn koeffitsiyentlarini qiymatlariga tuzatishlar kiritishni taqozo etadi. Intellektual tizimlarda har bir o'qitish bosqichi o'qitishning "davri" deb nomlanadi. O'qitishning boshlanishida o'qitish sikllarining (davri) soni bir nechta o'ntaga, ayrim hollarda esa yuz minglagan sikllarga yetishi mumkin. O'qitish metodikasining shakllanishi mobaynida o'qitish sikllari soni birdaniga keskin kamayadi, ayrim hollarda yuzlagan sikllarga erishishi mumkin. Pedagogika fanining amaliyotida bunday o'xshash misollar to'plamini topish mumkin.

3. "qayta o'qitish" jabhasi. Intellektual tizimlarda shunday holatlar aniqlanganki, tizim misollar to'plamini amaliy jihatdan eslab qoladi va va o'qitish to'plamiga kirmagan misollar uchun masalalarni juda yomon yechadi. Pedagogikada ham bunday holatlar mavjud, ya'ni shunday o'quvchilar borki ularda axborotlarni eslab qolish qobiliyati juda yaxshi rivojlangan. Sun'iy intellekt tizimida esa eslab qolish qobiliyati ko'p jihatdan neyronlar soni bilan aniqlanadigan to'ring ko'rinishiga va hajmiga bog'liq.

4. Ta'lim olish bosqichida ayrim mashg'ulotlarni o'tkazib yuborish (yoki ayrim topshiriqlarni yechmaslik) aspekti. Bunda o'quvchi ayrim sababalarga binoan mashg'ulotlarning bir qismini o'tkazib yuborishi yoki topshiriqlarni to'laligicha bajarmasligi mumkin. Natijada qoldirilgan materiallarni o'zlashtirish fragmentar (mustaqil yoki har xil o'qituvchilar rahbarligida). Amaliyotda bunday fragmentlar bo'yicha o'quv materialini o'zlashtirishga bir qancha tuzatishlar natijasida ijobiy erishish mumkin.

Neyron to'rlariga nisbatan fragmentli o'qitishga erishish mumkin, qachonki misollarning biror qismi o'qitish tanlanmasiga kiritilmagan bo'lishi mumkin. Tajribalarni ularni olishni qiyinligi sababli, yozish paytidagi uzilishlar ro'y berish holatlari, tashqi ta'sirlar natijasida axborotlarning buzilish holatlari va boshqalar. Boshqacha variant ham bo'lishi mumkin, ya'ni tanlangan misollar

ishonchli emas, noto‘g‘ri. Misollar maqsadli ravishda tashqi ta‘sirilar bilan buzilgan yoki noto‘g‘ri talqin qilingan bo‘lishi mumkin.

Biroq, bunday misollar bilan o‘qitish, o‘rgatish to‘g‘ri natijalarga olib kelishi mumkin, chunki tushirib qoldirilgan yoki buzilgan ma‘lumotlar o‘qitilgan neyron to‘ri yordamida qayta tiklanishi mumkin.

Yuqorida keltirilgan mulahalarga asoslanib quyidagi xulosa qilishimiz mumkin. Demak, pedagogika ilmida, fanida yig‘ilgan tajribalarni umumlashtirish asosida Sun‘iy neyron to‘rlarini o‘qitish protsedurasini amalga oshirishda psixologik-pedagogik aspektlarni detallashtirilgan tarzda qayta ishlash zarur.

Neyron to‘rini o‘qitish algoritmlari [39-43]. Sun‘iy neyron to‘ri xuddi insonga o‘xshab o‘qitiladi, chunki neyron to‘ri kirish to‘plamiga mos keladigan chiqish to‘plamini berishi kerak. Har bir kirish (chiqish) to‘plami vektor ko‘rinishida qaraladi. Neyron to‘rini o‘qitish ketma-ket kirish vektorlarini berish bilan bir vaqtda ma‘lum bir protseduraga mos ravishdv vazn koeffitsiyentlarini qiymatini sozlashadi. O‘qitish mobaynida asta sekin to‘rning vazn koeffitsiyentlari shunday bir qiymatlar qabul qiladiki, natijada har bir kirish vektori chiqish vektorini ishlab chiqaradi.

Neyron to‘rining ish sifati o‘qitish mobaynida unga berilayotgan o‘qitish ma‘lumotlari naboriga haddan tashqari bog‘liq. O‘quv ma‘lumotlari masalsha uchun tipik bo‘lishi zarur, uni yechishga o‘rganayotgan neyron to‘ri uchun. O‘qitish ko‘pchilik hollarda unikal jarayon deb ataladi., chunki ko‘p muammolarning talab doirasidagi yechimi faqat juda ko‘p sinovlar natijasida olinishi mumkin. Sun‘iy neyron to‘rlari asosida masalalarni yechuvchilarga (foydalanuvchilarga) quyidagilar talab qilinadi:

To‘rning mos keluvchi modelini tanlash;

To‘rning topologiyasini aniqlash (ya‘ni elementlar soni va ularning bog‘lanishlari);

O‘qitish parametrlarini ko‘rsatish.

Buning uchun dastlabki ma‘lumotlarni tayyorlashni bajarish zarur. Bunday dastlabki tayyorgarlik juda oddiy bo‘lishi mumkin, - masalan, barcha belgilarning qiymatlarini masshtablash protsedurasini yordamida (0,1) intervalga o‘tkazish, balki ancha murakkab algoritmlardan foydalanish ham mumkin. Biroq bu yerda shuni

ta'kidlash kerakki, neyron to'rini qurishdagi uzoq muddatli maqsad masalani yechimini olish jarayoniga to'g'ridan-to'g'ri ta'sir etishni minimallashtirishdan iborat, chunkineyron to'ralrining asosiy ustunligi o'zining yechimlarini ishlab chiqishning potensial mavjudligi, imkoniyati. Amaliyotda juda yaxshi yechimlar olinadi, qachonki, mutaxassis, ko'rilayotgan muammoni bilimlar sohasida aniq tasavvur qilaolsa va qurilgan neyron to'rining konseptual muammolarini tushunib yetgan bo'lsa.

Neyron to'rini o'qitish uchun foydalaniladigan ma'lumotlar odatda ikki kategoriyaga bo'linadi: bir inchi kategoriya ma'lumotlari o'qitish uchun ishlatiladi, ikkinchi kategoriya ma'lumotlari esa to'rni testlash uchun ishlatiladi. Neyron to'rining haqiqiy sifati faqat to'rni testlash vaqtida namoyon bo'ladi, to'rni o'qitishning muvaffaqiyatli tugaganligi testlash jarayonida noto'g'ri ishlash belgilarining yo'qligidadir. Testlash jarayoni shunday tashkil qilish kerakki, to'rni ishlash jarayonida olingan bilimlarni umumlashtirish qobiliyati baholanishi zarur. Bu yerda bilimlarni umumlashtirish deganda berilgan ma'lumotlar bo'yicha masalani to'g'ri yechimini ishlab chiqish qobiliyatiga aytiladi.

Neyron to'rini o'qitishni oddiy misolda ko'rib chiqamiz. Aytaylik neyron to'ri bitta kirish va bitta chiqish elementidan tarkib topgan. Maktab kursidan ma'lumki fizika darslarida tajribalar o'tkaziladi va dekart tekisligida uning grafigi quriladi. Masalan, quyidagi tajriba ma'lumotlari olingan: kirish signallarini qiymati $X=\{x_i\}$, $Y=\{y_i\}$, $i=1,2,\dots,n$. Grafikda korrelyatsiya maydonidagi nuqtalarning joylashganligiga qarab bu yerdagi kirish va chiqish orasidagi analitik bog'lanish to'g'ri chiziqqa yaqinligshi ko'rinib turibdi [44-48].

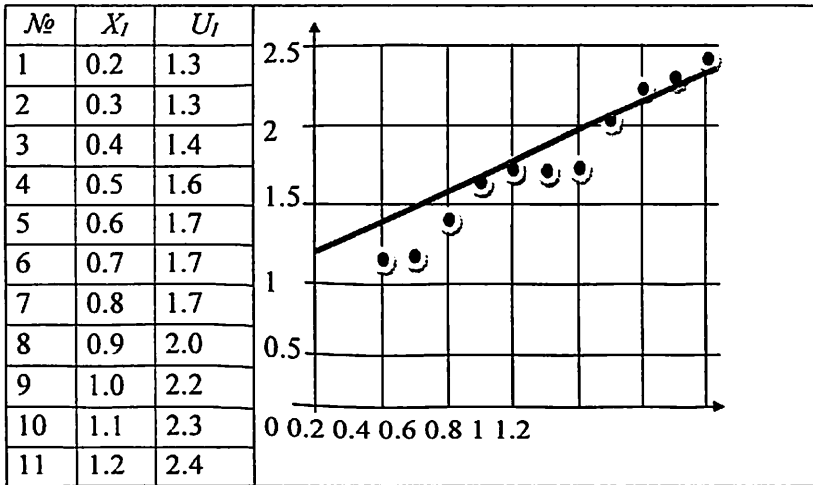
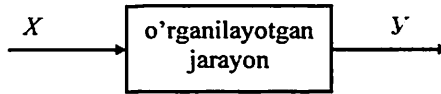
Statistik tahlildagi eng kichik kvadratlar metodini qo'llab izlanayotgan to'g'ri chiziqning parametrlarini topish mumkin. To'g'ri chiziq tenglamasi quyidagi formula bilan beriladi

$$y = ax + b,$$

bu yerda x va u o'zgaruvchilar (masalan, o'rganilayotgan jarayondagi biror parametrning qiymatlari), a to'g'ri chiziqning x o'qiga nisbatan qiyshayishini yoki gradiyentini aniqlaydi, b esa to'g'ri chiziqni u o'qini kesish nuqtasi. Eng kichik kvadratlar usuli

bilan analitik funksiyaning a va b parametrlarini qiymatini aniqlashimiz mumkin.

Demak, maqsadimiz, nuqtalar orasidan shunday to'g'ri chiziqni o'tkazish kerakki, unda to'g'ri chiziq bilan nuqtalar orasidagi farqlarning kvadratlarini umumiy yig'indisi eng kichik bo'lsin.



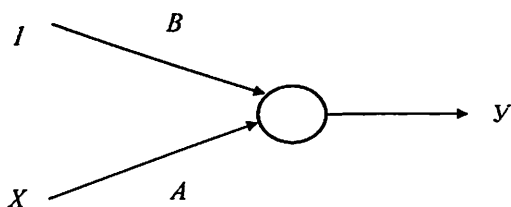
Eng kichik kvadratlar metodini qo'llab to'g'ri chiziqning parametrlarini qiymatini quyidagi formula bilan aniqlaymiz

$$a = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}, \quad b = \frac{\sum y_i - a \sum x_i}{n}$$

Eng kichik kvadratlar usuli tajriba ma'lumotlariga mos keladigan to'g'ri chiziqni qurishning samarali metodlaridan biri hisoblanadi. Metod juda sodda, biroq metoddan foydalanish uchun matematikani bilish talab qilinadi. Tajriba ma'lumotlariga mos keladigan to'g'ri chiziqni topish uchun Sun'iy neyron to'ridan foydalanish mumkin. Bunday neyron to'ri uchun shunday o'quv ma'lumotlarini tayyorlab berish kerakki natijada to'r o'qib o'rganish imkoniyatiga ega bo'lsin.

Masalaning mohiyatiga mos keluvchi neyron to'ri quyidagicha tavsiflanadi (2.14-Rasm). bitta kirishli va bitta chiqishli neyron to'ri

tajriba ma'lumotlarini tahlil qilish asosida o'qitilgan. Bu neyron to'rida aktivlashtirishning chiziqli funksiyasidan foydalanildi. Masalaning talabi, maqsadi, neyron to'ri to'g'ri chiziqning parametrlarini (a va b) baholashi zarur, shu boisdan ham a va b miqdorlar to'rning parametrlari hisoblanadi (ya'ni vazn koeffitsiyentlari). Dastlab neyron to'rini o'qitish uchun vazn koeffitsiyentlarini qiymatini tasodifiy tarzda -0.3 va $+0.3$ oralig'idan olindi. To'rni o'qitish uchun ma'lumotlar qilib x ning koordinatalari va unga mos keladigan u parametrlarning koordinatalarini qiymati olindi. b miqdorni vazni kirishda 1 ga teng, ya'ni $1*b=1$. To'rni o'qitish uchun delta-qoidadan foydalanildi, o'qitishning normasi 0.1 qilib tanlandi. To'rni o'qitish har bir nuqtani 10000 marta ko'rib chiqqandan keyin to'xtatildi.



2.14-rasm. Chiziqli aktivlashtirish funksiyasiga ega neyron to'ri, bu to'r masalada keltirilgan ma'lumotlar asosida to'g'ri chiziqni topish uchun o'qitilgan.

To'g'ri chiziqning parametrlarini (a va b) baholash uchun eng kichik kvadratlar metodi va neyron to'ri yordamida olingan ma'lumotlar quyidagi jadvalda keltirilgan.

3- Jadval

Parametr	Eng kichik kvadratlar metodi	To'r
b	1.0085	1.0284
a	1.0450	1.0360

Olingan natijalar bir-biriga juda yaqin, biroq neyron to'ri eng kichik kvadratlar metodiga nisbatan birmuncha kam xatolik bilan to'g'ri chiziqni joylashtiradi.

O'qitish algoritmini ikkita turini farqlashadi, ya'ni o'qituvchi yordamida va o'qituvchisiz.

O'qituvchi yordamida o'qitish shuni nazarda tutadiki, har bir kirish vektori uchun talab qilingan maqsadli chiqish vektori mavjud. Ikkalasi birgalikda o'qitadigan juftlik deb nomlanadi. Odatda neyron to'rlari mana shunday o'qituvchi juftliklar to'plami bilan o'qitiladi. Chiqish vektorlariga talablar qo'yiladi, to'ring chiqishi hisoblanadi va mos ravishda maqsadli vektor bilan solishtiriladi, ular orasidagi farq (xatolik) teskari aloqa vositasida to'rga uzatiladi, va to'ring vazn koeffitsiyentlarini qiymati o'zgaradi mos ravishda belgilangan algoritm bo'yicha, algoritm xatolikni minimallashtirishga qaratilgan. O'qituvchi to'plam vektorlari ketma-ket beriladi, xatoliklar hisoblanadi, va har bir vektor uchun vazn koeffitsiyentlari to'g'rilanadi, bu jarayon to butun o'qituvchi massiv bo'yicha umumiy xatolik birorta belgilangan qiymatdan kam bo'lguncha.

O'qituvchisiz o'qitishda chiqishlar uchun maqsadli vektor shart emas va yana ideal javoblar bilan solishtirishni talab qilmaydi. O'qituvchi to'plam faqat kirish vektorlaridan tashkil topadi. O'qituvchi algoritm to'ring vazn koeffitsiyentlarini shunday sozlashi kerakki, natijada moslashgan chiqish vektorlari olinsin. O'qitish jarayoni, mos ravishda, o'qituvchi to'plamning statistik xossalari ajratadi va bir-biriga mos keladigan o'xshash vektorlarni klasslarga guruhlaydi. Biror klassdan kirishga berilgan vektor ma'lum bir chiqish vektorini beradi, biroq o'qitishgacha oldindan bashorat qilib bo'lmaydi, qaysi chiqish mazkur klassdagi kirish vektorlarini ishlab chiqaradi. Demak, bunday neyron to'ri o'qituvchi to'plamning muhim xarakteristikalarini aks ettiruvchi shaklda tashkil qilinadi.

2.4. Xatoliklarni teskari tarqalish usuli

Xatoliklarni teskari tarqalish protsedurasi haqida [49-53]. NT tuli strukturalari orasida ancha ko'zga tashlanadigani ko'p qatlamli strukturadir, unda har bir istalgan qatlamdagi neyron o'zidan oldingi qatlamdagi barcha neyronlarning aksonlari bilan bog'langan yoki, birinchi qatlam halatida esa NT barcha kirishlari bilan bog'langan. Bunday NT to'liq bog'langan deb nomlanadi. Agar neyron to'ri bitta qatlamdan iborat bo'lsa, NT o'qituvchi bilan

o'qitish algoritmi ancha oddiy, chunki birgina qatlamdagi neyronlarning chiqishining to'g'ri holatlari oldindan ma'lum va sinaptik bog'lanishlarni sozlash NT chiqishidagi xatoliklarni minimallashtirishga yo'naltirilgan bo'ladi. Bu prinsip asosida, masalan, bir qatlamli perseptronni o'qitish algoritmi quriladi. Ko'p qatlamli NT esa barcha qatlamlardagi neyronlarning optimal chiqish qiymatlari, oxirgi qatlamdan tashqari, qoida bo'yicha, aniq emas, va ikki yoki undan ko'p qatlamli perseptronni o'qitish imkoniyati yo'q, faqat NT chiqishidagi xatolik miqdori bilan cheklanadi.

Bu muammoni yechishning birdan bir varianti – chiqish signallarini to'plamini ishlab chiqish, NT har bir qatlami uchun kirishlariga mos keladigan, bu oxir oqibatda juda murakkab va qiyin amal hisoblanadi va har doim ham amalga oshirish imkoniyati yuq. Ikkinchi variant – sinapslarning vazn koeffitsiyentlarini dinamik tarzda sozlash, bunday sozlash jarayonida, qoidaga binoan, ancha kuchsiz bo'lgan bog'lanishlar ancha kichkina miqdorga o'zgartiriladi oshirish yoki kamaytirish tomoniga, NT chiqishidagi xatoliklarni kamaytirishga olib kelgan o'zgartirishlargina eslab qolinadi. Ko'rinib turibdiki, bu “metod tika”, oddiy bo'lib ko'ringan bo'lsada juda ko'p miqdordagi murakkab hisoblashlarni talab qiladi.

Uchinchi ancha mos keladigan variant – signal xatoligini NT chiqishidan uning kirishiga qarab tarqalishi, oddiy ish rejimida signalni to'g'ri tarqalishiga teskari yo'nalishda. NT o'qitishning bu algoritmi **teskari tarqalish protsedurasi** deb nomlandi. Teskari tarqalish algoritmini yaratilishi sun'iy neyron to'rlariga bo'lgan qiziqishni paydo bo'lishida juda muhim rol o'ynadi. Teskari tarqalish – bu ko'p qatlamli SNT o'qitish uchun sistematik metod hisoblanadi. Bu metod juda yaxshi matematik asosga ega. Ancha muncha cheklanishlarga qaramasdan teskari tarqalish protsedurasi NT sohasi muammosini juda kengaytirdi, va bu metodikaning juda boy imkoniyatlarini namoyish qildi.

O'qitishning Delta-qoidasi. 1957 yilda Rozenblatt tomonidan model yaratildi, u dastlabki shaklining cheklanishlariga qaramasdan juda ko'p zamonaviy, o'qituvchi bilan o'qitishning murakkab algoritmlarini ishlab chiqish uchun asos bo'ldi [9].

O'qitadigan tanlanma kirish vektorlari to'plamidan tashkil topadi, unda har bir vektor uchun o'zining talab qilingan maqsad

vektori ko'rsatiladi. Kirish vektorlarining komponentalari qiymatlarning cheksiz diapazonida tavsiflangan; maqsad vektorining komponentalari ikkilik miqdor ko'rinishida (nol yoki bir). O'qitilgandan keyin neyron to'ri kirishida uzliksiz kirish tanlovlarini oladi va binar komponentali vektor ko'rinishidagi talab qilingan chiqishlarni ishlab chiqaradi.

O'qitish quyidagicha algoritm bo'yicha olib boriladi:

Kichik qiymatlarda barcha vaznlar randomizatsiya qilinadi.

To'ring kirishiga o'qituvchi kirish vektori X beriladi va har bir neyron uchun NET signali hisoblanadi, standart ifodadan foydalangan holda:

$$NET_j = \sum x_i w_{ij} \quad (1.3)$$

Har bir neyrondan quyidagicha tartibda NET signali uchun sath aktivlashtirish funskiyasining qiymati hisoblanadi:

$$\begin{aligned} OUT_j &= 1, \text{ agar } NET_j \geq \Theta_j, \text{ satxdan kattabolsa,} \\ OUT_j &= 0, \text{ aks holda.} \end{aligned} \quad (1.4)$$

Bu yerda Θ_j j-chi neyronga mos keladigan sathni ifodalaydi (odatda barcha neyronlar bir xil sathga ega bo'lishadi).

Har bir neyron uchun xatolik hisoblanadi, olingan chiqishda talab qilingan chiqishni ayirish bilan:

$$error_j = target_j - OUT_j, \quad (1.5)$$

bu yerda $target_j$ - j-qadamda talab qilingan chiqish, OUT_j - j-qadamda olingan chiqish.

Har bir vazn quyidagi ko'rinishda modifikatsiyalanadi:

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + a x_i error_j \quad (1.6)$$

bu yerda $w_{ij}(t+1)$ - (t+1) - chi qadamdagi vazn, $w_{ij}(t)$ - t - chi qadamdagi vazn, a - o'qitish tezligi koeffitsiyenti, x_j - assotsiativ massiv elementiga mos keladigan qiymat.

Ikkinchidan beshinchigacha bo'lgan qadamlar qaytariladi, toki xatolik yetarlicha darajada kichik bo'lguncha.

Bunday o'qitish metodi F.Rozenblatt tomonidan "xatolik signalini teskari uzatish bilan korreksiyalash metodi" deb nomladi. Keyinchalik bu metodni "Delta-qoida", "δ-qoida" deb nomlashdi. F.Rozenblatt tomonidan taklif qilingan algoritm o'qituvchi bilan

o'qitish algoritmlarining juda keng sinfiga mansub, chunki oldindan ma'lum kirish vektorlari ham, xuddi shunday chiqish vektorlari ham (o'qituvchi bor, o'quvchining javobini to'g'riligini baholayoladigan).

Rozenblatt tomonidan isbotlangan δ -qoidasi bo'yicha o'qitishning sxodimosti teoremasi shundan dalolat beradiki, ya'ni perseptron hohlagan o'qitish tanlanmasini o'qib o'rganish qobiliyatiga ega.

Neyron to'rida xatolikning teskari tarqalishi. Keyingi paytlarda ko'p qatlamli to'rlar uchun o'qitishning bir qator algoritmlari yaratildi. Bular ichida ancha samarali deb hisoblanadi xatolikni teskari tarqalish algoritmi.

To'rni o'qitish maqsadi neyronlarning vaznlarini shunday sozlash kerakki, beriladigan kirish to'plamlari talab qilingan chiqish to'plamlarini hosil qilsin. Bu kirish va chiqish to'plamlari vektorlar deb ataladi. o'qitish paytida shuni nazarda tutish kerakki, har bir kirish vektori uchun mos keladigan, talab qilingan chiqishni beradigan maqsadli vektor mavjud bo'lishi zarur. Bular ikkalasi birgalikda o'qitish juftligi deb ataladi. Qoidaga ko'ra neyron to'ri juda ko'p bunday juftliklarda o'qitiladi. O'qituvchi juftliklarning guruhini o'qituvchi to'plam deb atashadi.

Xatolikni teskari taqsimlanish to'rini o'qitish quyidagi amallarni bajarishni talab qiladi:

O'qituvchi to'plamdan navbatdagi o'qitish juftligini tanlaymiz, to'ring kirishiga kirish vektorini beramiz;

To'ring chiqishi hisoblanadi;

To'ring chiqishi bilan talab qilingan chiqish orasidagi farq hisoblanadi;

To'ring vazn koeffitsiyentlarini shunday sozlash kerakki, unda xatolik minimumga intilsin;

Har bir o'qituvchi to'plam uchun 1 dan 4 gacha bo'lgan bosqichlar qaytarilsin, toki barcha to'plamlar uchun xatolik belgilangan darajadan kam bo'lguncha.

Teskari taqsimlanish to'rida o'qitishning ikkita yo'lini farqlashadi: to'g'ri va teskari.

To'g'ri o'qitish. 1 va 2 bosqichlar vektor shaklida quyidagicha ifodalanishi mumkin: kirish vektori X beriladi va chiqishda U vektorni olamiz. Vektor juftligi kirish-maqsad X va T o'qituvchi

to'plamdan oldinadi. Hisoblash X vektor ustida bajariladi, U chiqish vektorini olish uchun.

Ko'p qatlamli to'rlarda hisoblashlar, kirish qatlamiga yaqin bo'lgandan boshlab ketma-ket bajariladi. Har qanday neyronning NET qiymati har bir qatlamda neyronlar kirishidagi o'lgangan summa ko'rinishida hisoblanadi. Undan keyin aktivlashtirish funksiyasi F NET ning qiymatini "siqadi" va shu qatlamdagi har bir neyron uchun OUT miqdorini beradi. Qatlamning chiqish to'plamlari uchun hammasi olingandan keyin bu chiqishlar keyingi qatlam uchun kirish vektorlari bo'ladi. Bu jarayon qatlalar ketma ketligida bajariladi, toki to'rning chiqishida yakuniy to'plamni olguncha.

Bu jarayon vektor amallaridan foydalangan holda qisqacha shaklda ifodalanishi mumkin. Neyronlar orasidagi vaznlarni W matritsa deb qarash mumkin. U holda N -chi qatlamning NET-vektori ko'paytuvchilar yig'indisi ko'rinishida ifodalanishi mumkin $X^* W$. Vektor ko'rinishida $N=XW$. F funksiyasini N NET-vektorga komponentalari bo'yicha qo'llab chiqish vektori O ni olamiz. Shunday qilib, har bir qatlam uchun hisoblash jarayoni quyidagi ifoda bilan bajariladi:

$$O=F(XW) \quad (2.7)$$

Bitta qatlamning chiqish vektori keyingi qatlamga kirish vektori bo'lib hisoblanadi, shu boisdan ham oxirgi qatlamning chiqishlarini hisoblash uchun (2.7) formulani ketma-ket qo'llaymiz, har bir qatlamga to'rning kirishidan to chiqishigacha.

Teskari o'tish. Chiqish qatlamidagi har bir neyronga maqsadli qiymatlarni beramiz, u holda vaznlarni sozlash modifikatsiyalangan delta-qoidadan foydalanib oson amalga oshiramiz.

Bitta vazn uchun o'qitish jarayonini ko'rib chiqamiz, j qatlamdagi r neyrondan chiqish qatlami k dagi q neyrongacha. K -chi qatlamdagi neyronning chiqishidan maqsadli qiymatni (Target) ayirib, xatolik signalini hosil qilamiz. U siqish funksiyasining hosilasiga ko'paytiriladi [$OUT(1-OUT)$], k -chi qatlam neyroni uchun hisoblangan. Shunday qilib miqdor δ quyidigiga teng bo'ladi

$$\delta = OUT(1-OUT)(Target - OUT) \quad (2.8)$$

Undaye keyin δ , j -chi neyronning OUT qiymatiga ko'paytiriladi, bunda qaralayotgan vazn kelib chiqadi. Bu

ko'paytma o'z navbatida o'qitish tezligi koeffitsiyentiga η (odatda 0.1 dan 1 gacha) ko'paytiriladi va natija vaznga qo'shiladi. Bunday protseduralar kirish qatlamidagi neyronning vaznidan to chiqish qatlamidagi neyrongacha bajariladi.

Quyidagi tenglamalar aytilgan protseduralarni amalga oshirishni namoyish etadi:

$$\Delta w_{pq,k} = \eta \delta_{q,k} OUT_{pj}, \quad (2.9)$$

$$\Delta w_{pq,k}(n+1) = \Delta w_{pq,k}(n) + \Delta w_{pq,k}, \quad (2.10)$$

bu yerda $\Delta w_{pq,k}(n)$ - j-chi qatlamdagi p-chi neyrondan chiqish qatlamidagi q-chi neyrongacha n-chi qadamda (korreksiyagacha); indeks k qatlamni bildiradi, ya'ni mazkur vazn tugaydigan qatlamni; $\Delta w_{pq,k}(n+1)$ - p+1 qadamdagi (korreksiyadan keyingi) vazn; $\delta_{q,k}$ - k-chi chiqish qatlamidagi q-chi neyron uchun δ ni qiymati; OUT_{pj} - j-chi qatlamdagi p-chi neyron uchun OUT ni qiymati.

Eslab qolish mexanizmi. Tabiatda amalga oshirilgan eslab qolishning bosh mexanizmini quyidagicha tasavvur etish mumkin. Ta'sirlantiruvchi impuls, sinaps orqali o'tishda, uning qarshiligini kamaytiradi va uni "qizdiradi, isitadi", sinapsning vaznini oshiradi. Keyingi taktlarda, etalonni kirish qatlamiga galdagi berishda ta'sirlantiruvchi impuls, juda katta aniqlik bilan mos ravishda obrazni ko'rsatib, ta'sirlantirish yo'lini ishonchli ravishda o'tadi, (aytadilarki: "Bog'lanish amalga oshdi"), foydalanilgan sinapslar esa, "isiyotib", vaznini saqlaydi, hamda vaznini oshirishi ham mumkin.

Bu yerda Xebbaning ma'lum qoidasi ish beradi: ikkita ta'sirlangan neyronlarni bog'lanishlari sinaptik vazni ortadi.

Shunday usul bilan ayniqsa chiqish qatlamidagi ta'sirlarni maksimallashtirishni lokalizatsiya qilish effektiga erishiladi, balki, qo'shni neyronlarning o'zaro ta'sirlarini yo'q qilish zarurati bo'lishi mumkin.

Ko'rinib turibdiki, sinapslar vaqt o'tishi bilan "sovush" xususiyatiga ega, agar undan foydalanish tasdiqlanmasa. Bunday tasavvur etish bizning xotiramiz xossasiga adekvatdir: ya'ni keraksiz, isbotlanmagan va davriy tarzda ishlatilmaydigan

axborotlar o'chirib tashlanadi ("Bog'lanish uziladi"). Xotiradan o'chirish shu darajada bajariladiki uni yangidan o'rganish kerak bo'ladi.

Tasavvur etishning muhim rolini qayd qilamiz: etalonlar kirish qatlamida ancha uzoq vaqtgacha ushlab turiladi, qaytadan tiklanadi yoki modellashtiriladi. Demak, bu yerda epifiz katta ahamiyat kasb etadi, "uchinchi ko'z" - tasavvur etish va mediatsiya organi, xotira va oldindan ko'ra bilish generatori.

Neyron to'rlarini o'qitishning suniy mexanizmlarini yaratishda quyidagicha savollar kelib chiqadi:

- Etalonni esda saqlash uchun, ta'sirlanishning statik yo'lini hosil qiluvchi barcha neyronlarning vaznlarini oshirish kerakmi?

- Ta'sirlanishning statik yo'li zanjiridagi faqat ayrim (tayanch) neyronlarning vaznlarini oshirish kerakmi?

- Ta'sirlanishning dinamik yo'lini hosil qiluvchi faqat ayrim neyronlarning vaznini oshirish kerakmi, chunki yuqorida aytilniki, o'zini o'zi ta'sirlantirishgina bog'lanish vaznini orttiradi? Agar bunday neyronlar ko'p bo'lsa, qo'shimcha neyronlarni ta'sirlantirish nimaga kerak?

Bundan ko'rinib turibdiki, uchinchi aspekt juda katta darajada o'z o'zini o'qitishga, o'z o'zini sozlashga mos keladi. Bunday darajada bizning miya faolitimizga aralashish taqiqlanadi. Biroq, suniy intellekt sistemasi ancha yaxshi holatda. Chunki u bizning, mutaxassisning nazoratida bo'ladi, "o'qituvchi bilan" o'qitishni amalga oshiradi, tabiiy intellektning kamchiliklariga majburiy tuzatishlar kiritish imkoniyati, hohlagan paytda unga kirishga ruxsat mavjud. Shu boisdan ham, ko'rilgan misolimizda etalondan obrazgacha bo'lgan ta'sirlanishning ajratilgan statik yo'lini tashkil etuvchi neyronlarning sinapsik bog'lanish vaznlarini orttiramiz. Bunday metodni tayanch yo'llar metodi deb ataymiz, chunki u juda ko'p tajribalar o'tkazish jarayonida kelib chiqqan. Xususan, juda ko'p neyronlarning sinapsik vaznlarini orttirish neudachalarga olib keldi, ular asosan har xil etalonlar uchun ta'sirlantirishning dinamik zanjirini korrelyatsiya qilish va neyron to'rining juda tez to'yinishi (bir qator o'qitish algoritmlarining kamchiligi) bilan bog'liq. O'qitish jarayonida juda ko'p etalonlarga ertami yoki kechmi tarmoqning barcha vaznlari o'zining yuqori darajasiga chiqib oladi,

va natijada birorta narsani ham farqlay olmay qoladi. Chalkashliklar kelib chiqq boshlaydi xuddi mana bu ifodadagiday “Um za razum xaxodit”.

Shunday qilib, biz sxemotexnikadan neyrotexnologiyaga, aniq, aniqlangandan, taqribiy, noaniqliklarga ega texnologiyaga o'tishga erishdik. Haqiqatan ham, “nima mumkin bo'lsa hammasini bajar”, “xatolik va sinash” prinsiplariga asoslangan metodlar evolyusiyasi ish bermadi, qobiqqa o'ralgan aniq elektron sxemalarni ishlab chiqarishga olib kela olmadi. Ma'lumki tabiatda aniq, absolyut ishonchli axborotning o'zi yo'q. Biroq, umummantiqiy prinsiplar va bog'lanishlar u yoki boshqa texnologiyalar tomonidan qamrab olinishi zarur.

Neyron to'rlarini samarali o'qitish metodologiyasini muammosi neyrotarmoq texnologiyasini rivojida asosiy to'siq sifatida [54-57]. Biz bilamizki insonning imkoniyatlari, bilim salohiyati oddiy pashshaning suniy intellektini yaratish darajasigacha yetib bormadi, biroq shirin yolg'ondan achchiq haqiqat yaxshidur deyishadi ulomalar. Agar haqiqatan ham bu masalani yechishga harakat qilsak, ma'lumki, inson miyasiga qaraganda kremniy sifat miyalarning texnologik jihatdan ortda qolishi – bu juda katta muammo emas. Bu yo'nalishdagi asosiy muammo samarali neyropedagogikaning yo'qligidir. Biz hozida insonni o'qitishning mukammallashgan sistemasiga egamiz, chunonchi, boqcha bolalarini o'qitish sistemasi, oilada tarbiyalash sistemasi, maktabgacha tarbiya sistemasi, umumiy o'rta ta'lim sistemasi, oliy va maxsus ta'lim sistemasi, aspirantura, doktorantura, malaka oshirish kurslari va hakoza. Neyron to'rlarini samarali o'qitishga o'rgatish uchun, ko'rinib turibdiki, xuddi insonni o'qitish sistemasiga o'xshagan qandaydir bir suniy intellektli sistemani yaratish zarur.

Insonlarni tarbiyadash va o'qitish uchun jamiyatning juda katta miqdordagi mablag'i sarflanadi, demak, zamonaviy neyron to'rlarining asosini tashkil etuvchi neyrochiplarni tarbiyalash va o'qitish uchun ham shunga o'xshash mablag'lar sarflanishi zarur. Buning uchun neyron to'rini va insonni o'qitishning haqiqiy tezligini hisoblashga urinib ko'ramiz.

Ma'lumki insonni samarali o'qish qobiliyati 30 yoshgacha, ya'ni taxminan $3 \cdot 10^8$ s. inson hayoti davomida uchdan bir qismini uyquda o'tkazadi, ya'ni o'qish uchun ko'pi bilan 10^8 s. vaqt ketadi, bu vaqt ichida miyada 10^{14} bog'lanishlar qayta quriladi, unda o'qitish tezligi sekundiga 10^6 bog'lanishni tashkil qiladi, bu juda katta imkoniyat.

Matlab + neural network toolbox paketida 3 qatlamli neyron to'rini 1000 bog'lanishlar bilan 100 ta misolda, pentium 4 (3 ggs) kompyuterida, xatolikni teskari tarqalish metodi bilan o'qitish tezligi sekundiga 0,1 bog'lanishdan oshmaydi. Oddiy yomg'ir chuvalchangi neyron to'rini o'qitish uchun ikki yarim soat mashina vaqti ketadi. Bunday tezlikda ulitka neyron to'rini o'qitish uchun 250 soat yoki 10,5 sutka kompyuterning uzliksiz ishlash vaqti talab qilinadi. Bunday tezlik bilan yaqin 10 yillarda, masalan, suniy pashshaning miyasini programmashtirishga (o'qitishga) umid bog'lamoq haqiqatdan uzoq. Hozirgi paytda katta neyron to'rlarini o'qitish har doim ham muvaffaqiyatli chiqayotgani yo'q.

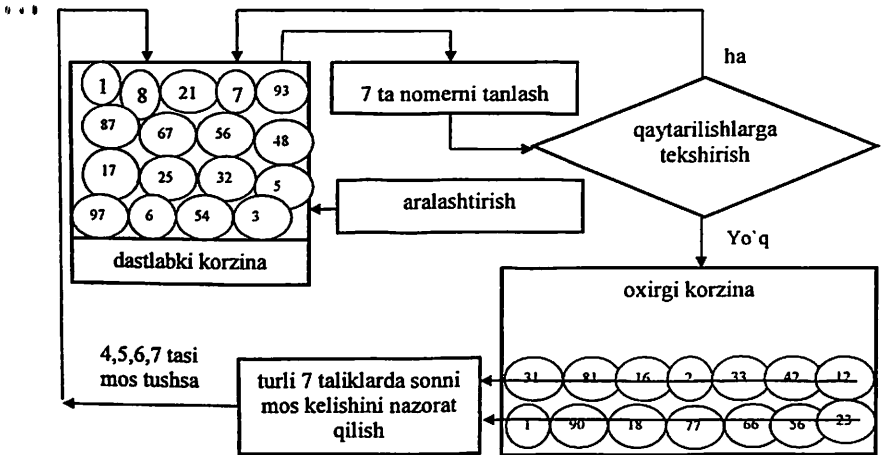
Shunday qilib, neyron to'rlari texnologiyasi rivojlanishiga uning element bazasi to'sqinlik qilayotgani yo'q, u alaqachon mavjud va grafik tezlatgichlarni qurish uchun qo'llanilmoqda. Neyron to'rlari texnologiyasining rivojlanishiga bo'layotgan haqiqiy to'siq, tormoz suniy neyron to'rlarini o'qitishning zamonaviy metodologiyasidir. Bu metodologiya bilan juda kichik neyron to'rlarini o'qitish mumkin. Katta neyron to'rlari uchun bu metodologiya katastrofik tarzda yomonlashadi. Neyron to'ring o'lchami bilan va uni o'qitish vaqti orasidagi bog'lanish eksponensial ko'rinishda.

Kirish ma'lumotlarini saralash va ularni guruhlariga birlashtirish. Neyron to'ring birinchi qatladagi neyronlarning kirish bog'lanishlarini tanlash imkoniyati mavjud, ana tanlashning mezonini ko'rib chiqamiz. Birdan bir muhim kriteriyalardan bittasi, taxminan bir xil intensivlik bilan barcha kirish ma'lumotlaridan babbaravar (bir tekisda) foydalanishdir. Bu kriteriyani bog'lanishlarni rasmiylashtirish misolida tushuntiramiz. Neyron to'ri tarkibida 7 ta kirishli 100 ta summator mavjud, u 100 ta kirish ma'lumotini qayta ishlaydi. Bu neyron to'ring 100 ta summatori 700 ta bog'lanishlarni hosil qiladi. Bu shuni ko'rsatadiki, neyron

to'ring har bir kirishi o'rtacha 7 ta turlicha kirish summatori javoblarini rasmiylashtirishda qatnashishi zarur [54-63].

Tasavvur qilamiz neyron to'ri uchun oldindan kirish korzinasini tashkil qilgan, korzinkadan tasodifiy usullar bilan kirish ma'lumotlarini olamiz va neyron to'rini kirishini summatorlarning kirish nomerlari bilan bog'laymiz. Oldindan tayyorlangan korzinada neyron to'ring kirishlari rasmiylashtiriladi, u 1 nomeri bilan 7 ta kirish, 2 nomeri bilan 7 ta kirish, 3 nomeri bilan 7 ta kirish, ... , 100 nomeri bilan 7 ta kirish. Korzinani bunday rasmiylashtirish shuni kafolatlaydiki, korzinka bo'shab qolgandan keyin neyron to'ring har bir kirishi 7 marta 100 ta summatoridan tanlab olingan 7 ta summator bilan to'liq bog'lanadi.

Korzinadagi kirish nomerlari aralashtiriladi, keyin undan tasodifan yuqorida joylashgan nomerlardan 7 tasi chiqarib olinadi. Chiqarib olingan 7 ta nomerlarda qaytarilishlar borligi tekshiriladi. Agar qaytarilishlar aniqlansa, u holda bu rasmiylashtirilgan yettitalik nomerlar yaroqsiz deb hisoblanadi va dastlabki korzinaga qaytariladi. Qaytarilishlar bo'lmasa rasmiylashtirilgan 7 ta tasodifiy nomerlar oxirgi bog'lanishlar korzinasiga joylashtiriladi. Bu algoritmi quyidagi 2.15- rasmda tasvirlangan.



2.15-rasm. Bir qatlamdagi summatorlarning kirish bog'lanishlarini tasodifiy rasmiylashtirish algoritmi

Takidlash joyizki, oxirgi korzinada tasodifan 7 tasi ham to'liq mos keladigan yettilik yoki 4,5,6 ta bog'lanishlar nomeri qaytariladigan bo'lib qolishi mumkin. Ikkita summatorida kirish nomerlarining to'liq mos tushishi mumkin emas, xuddi shunday 7 talikdan 6 tasi, 5 tasi va 4 tasi ham . kirish nomerlarining bunday mos tushishi summatorning chiqish ma'lumotlaridagi korrelyatsion bog'lanishlarni kuchaytiradi.

Bir qatlamdagi summatorlarning kirish bog'lanishlarini ko'p martalab qaytarilishlarini bartaraf qilish uchun nazorat o'rnatiladi. Ikkita kuchli kirish bog'lanishlari aniqlansa bu summatorlardan bittasi yaroqsizga chiqariladi, kirish bog'lanishlari nomeri esa dastlabki korzinaga qaytariladi va kozinadagi nomerlar aralashtiriladi. Bunday kirish bog'lanishlari nomerlari tasodifiy tarzda chiqarib olib rasmiylashtirish jarayoni dastlabki korzinada neyron to'riga kirish bog'lanishlari nomerlari tugaguncha davom etadi.

Suniy neyronlarni o'qitishning "sifati" tushunchasi. Suniy neyronlarni sozlashni statistik talqin qilish uning muhim ijobiy xossalaridan bittasidir, bu model o'rtacha kvadratik xatolikni minimallashtirishni juda qiyin talqinidan ancha sodda bo'lgan tushuncha to'plamni neyron to'ri yordamida ajratishga o'tishga imkoniyat yaratadi. Ikkita normal qonuniyatga ega to'plamni ajratish shundoq ham tushunarli. Bundan tashqari, neyron to'ri qabul qiladigan yechimlarning sifati yaxshilanadi, agar ajratadigan taqsimot qonunlarining dispersiyasi kamaysa. Bu ikkita tendensiya neronlarni o'qitish sifatini ko'rsatkichida hisobga olinadi va quyidagicha hisoblanadi:

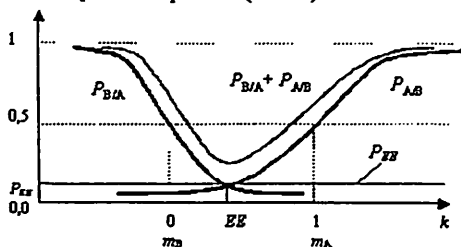
$$q = \frac{|m_A - m_B|}{\sigma_A + \sigma_B} \quad (2.11)$$

Sifat ko'rsatkichi (2.11) suniy neyronning ehtimollik xatoligi bilan kuchli bog'langan. «a» klassni «v» ga nisbatan yechim qabul qilishdagi xatolik ehtimolligi kamayganda ($p_{a/b} \rightarrow 0$) va «v» klassni «a» ga nisbatan yechim qabul qilishdagi xatolik ehtimolligi kamayganda ($p_{v/a} \rightarrow 0$) sifat ko'rsatkichi q monoton ortadi.

Agar ulanish nuqtasini – k holati bir tekisda o'zgartirilsa, u holda $p_{a/b}$ va $p_{v/a}$ ehtimollik xatoliklari quyidagi 2.16-rasmda ko'rsatilgan ikkita monoton funksiyani ifodalaydi. Bu ikkita

funksiyaning kesilish nuqtasi teng ehtimollik xatoligini beradi [63,64]

$$P_{ee} = pa/b = pv/a. (2.12)$$



2.16-rasm. Birinchi va ikkinchi roddagi perseptronning xatoliklarining monoton egri chiziqlari

Muqarrarki, birinchi va ikkinchi roddagi xatoliklar ehtimolliigi o'qitiladigan neyronning ish sifatini tavsiflash turlaridan bittasidir. Biz oldin sifat ko'rsatkichi sifatida neyronning o'ratacha kvadratik xatoligi qiymatini olgan edik, endi biz sistemani, neyronni o'qitishni, shunday sozlashimiz kerakki, sistemaning xatoliklarini ehtimolliklarini summasi minimum bo'lsin

$$p_{ee} = \min (pa/b + pb/a)/2. (2.13)$$

Agar ajratiladigan to'plamlarning taqsimot qonunlarining qiymatlarini normalligi to'g'risidagi gipoteza yaxshi ishlasa, u holda sozlangan neyronning -q ish sifati va ehtimollik qiymati bir xil xatolik ehtimolliigi p_{ee} quyidagi tenglama bilan bog'langan bo'ladi:

$$p_{ee} = 0,5 - f_0(q) \text{ yoki } p_{ee} = 0,5 - \frac{1}{\sqrt{2\pi} \int_0^q e^{-\xi^2} d\xi} \cdot d\xi (2.14)$$

bu yerda $f_0(q)$ – Laplas funksiyasi.

Neyronni o'qitishning sifat ko'rsatkichi q sistemaning xatoliklari ehtimolliigi bilan eksponensial bog'langan. Dastlabki nol sifatda xatolik ehtimolliigi to'liq noaniqlikga juda yaqin $p_{ee} = 0,5$. Sifat ko'rsatkichining oshib borishi mobaynida sistemaning xatoligini ehtimolliigi pasayadi. Natijada birorta shkala (interval) hosil bo'ladi: «yomon», «qoniqarsiz», «qoniqarli», «yaxshi», «a'lo», xuddi makbatdagi o'quvchilarni bilimni baholaganday.

Buni ballarda ifodalsak, quyidagi baholarni olamiz «0», «1», «2», «3», «4», «5», bular mos ravishda ehtimollik xarakteristikalari bilan eksponensial bog‘langan (4-jadval).

Erishishi mumkin bo‘lgan sifat ko‘rsatkichini maksimallashtirish yo‘li bilan yagona neyronni o‘qitish. Ko‘rinib turibdiki, neyronning chiqishidagi xatolikni minimallashtirish protsedurasi bilan bir qatorda biz tashkil qilishimiz mumkin, uni qabul qiladigan yechimini sifatini maksimallashtirish protsedurasi bilan o‘qitishni. Bunday tipdagi o‘qitish protseduradan foydalanganda sifat ko‘rsatkichi har bir keyingi qadamda taqriban ortishi zarur

$$q(t) \geq q(t - 1). \quad (2.15)$$

4-jadval

Ikkita sifat ko‘rsatkichi orasidagi bog‘lanishlar q va reye

«yomon»										
Ehtimollik reye	0,5	0,46	0,42	0,38	0,34	0,31	0,27	0,24	0,21	0,18
Sifat q	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
«qoniqarsiz»										
Ehtimollik reye	0,159	0,136	0,115	0,097	0,081	0,067	0,055	0,045	0,036	0,029
Sifat q	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
«qoniqarli»										
Ehtimollik reye	0,023	0,018	0,014	0,011	8,19*	6,21*	4,66*	3,46*	2,55*	1,86*
Sifat q	2,0	2,1	2,2	2,3	10-3	10-3	10-3	10-3	10-3	10-3
«yaxshi»										
ehtimollik reye	1,35*	9,67*	6,87*	4,83*	3,36*	2,32*	1,59*	1,07*	7,23*	4,81*
Sifat q	10-3	10-4	10-4	10-4	10-4	10-4	10-4	10-4	10-5	10-5
«a'lo»										
Ehtimollik reye	3,16*	2,06*	1,35*	8,54*	5,41*	3,39*	2,11*	1,30*	7,93*	4,79*
Sifat q	10-5	10-5	10-5	10-6	10-6	10-6	10-6	10-6	10-7	10-7
Sifat q	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9

Xuddi shunday, xatolikni minimallashtirishdagiday, har bir sozlanadigan sinaptik vazni $\frac{\partial q}{\partial c_j}$ oxirgi o‘qitish sifatiga ta‘sirini

baholashga to'g'ri keladi. Mos ravishda, oldingini hisobga olib keyingi iteratsion vaznni hisoblash shakli «plyus» belgiga ega bo'ladi, hosilaga ega bo'lgan komponenta oldida:

$$s_j(t) = c_j(t-1)(1 + \mu \frac{\partial q}{\partial c_j}), \quad (2.16)$$

bu yerda μ – o'qitish tezligini aniqlaydigan, 0,1 dan 3,0 gacha bo'lgan oraliqdagi doimiy koeffitsiyent.

Ta'kidlash joyizki, (2.11) formula bilan yechim qabul qilishni kutiladigan sifatini hisoblashda har bir iteratsiyada matematik kutilishni va ajratiladigan to'planning dispersiyasini qiymatini yangidan hisoblashga to'g'ri keladi

$$m_A = \frac{1}{N+1} \sum_{i=0}^N \sum_{j=1}^n c_j x_{ijA}, \quad (2.17)$$

$$m_B = \frac{1}{N+1} \sum_{i=0}^N \sum_{j=1}^n c_j x_{ijB}, \quad (2.18)$$

$$\sigma_A = \sqrt{\frac{1}{N+1} \sum_{i=0}^N \left(m_A - \sum_{j=1}^n c_j x_{ijA} \right)^2}, \quad (2.19)$$

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{1}{N+1} \sum_{i=0}^N \left(m_B - \sum_{j=1}^n c_j x_{ijB} \right)^2}. \quad (2.20)$$

Ko'rinib turibdiki, xatolikni minimallashtirish metodi va sifatni maksimallashtirish metodi bir xil hisoblash resurslarini talab qiladi, biroq, mulohazalarga qaraganda, sifatni maksimallashtirish bo'yicha hisoblashlar sarfi qulay va ma'qul hisoblanadi. Buning sababi shundaki, masalaning o'lchami bittaga kamayadi. O'ratcha kvadratik xatolikni qiymatini minimallashtirishda bitta parametrni ko'p tanlashga to'g'ri keladi (s0 ning qiymatini to'g'ri tanlashga). Qabul qilinadigan yechimning sifatini optimallashtirishda, bu parametrni oraliq iteratsiyalarda hisobga olmasa ham bo'ladi.

O'qitish protsedurasining yakunida ulanish nuqtasi k iteratsiyasiz tanlanadi. Uning ajratiladigan to'plamlar markazi orasidagi holatini aniqlash uchun quyidagi bitta noma'lumli chiziqli tenglamani yechish kifoya:

$$\frac{|m_A - k|}{|k - m_B|} = \frac{\sigma_A}{\sigma_B}. \quad (2.21)$$

Tushunarliki, bu masalani o'Ichamini pasaytirish protsedurasida vaqt sarfini absolyut qiymatini kamayishi bo'yicha yutiq shunchalik yuqori bo'ladi, yechiladigan masalaning o'Ichami qanchalik katta bo'lsa.

Bu algoritmnning yana bir muhim ustunliklaridan bittasi shundaki, ko'p qatlamli neyron to'rlarida surilish doimiysini iteratsion tarzda tanlab borishda tasodifan tekis egli chiziqli uchastkaga tushib qolish mumkin. Bunday holatda ko'p qatlamli neyron to'ralarida iteratsion sozlashda differensiallash ishlamay qolishi mumkin. Neyron to'ri bunday holatini "paralich" deb atashadi, va neyron to'ri o'rganishdan to'xtaydi, o'qimay qo'yadi. Egri chiziqli elementning ulanish nuqtasini (2.21) formula bilan hisoblaganda prinsipial jihatdan "paralich" effekti yo'qoladi. Demak, sifat maksimumi bo'yicha optimallashtirish metodi na faqat hisoblash resurslarini kam sarflashni talab qiladi, va yana o'qitishning ancha turg'un protsedurasi hisoblanadi, katta neyron to'rlarida "paralich" effektini prinsipial jihatdan yo'q qiladi.

Yana bitta imkoniyati o'qitish vaqtini kamayishi, boshlang'ich vektorlar vazn koeffitsiyentlarining qiymatini o'ylab, tahlil qilish orqali berilishidir. Sifat ko'rsatkichini maksimalashtirish protsedurasidan foydalanilganda vazn koeffitsiyentlarining qiymatlarini tasodifiy o'rnatish protsedurasidan voz kechish mumkin. Buning uchun o'qitiladigan neyronning kirish parametrlarini matematik kutilishini qiymatini munosabatlarini, bog'lanishlarini hisoblash yetarli.

Fikrlashning umumiyligini, izchilligini yo'qotmagan holda ajratiladigan to'plamlarning matematik kutilishlari orasidagi munosabatni, bog'lanishni oldindan berish mumkin. Maslan, (2.21)da asoslangan holda oxirgi shart sifatida berish mumkin, ya'ni $m_A > m_B$. unda har bir nazorat qilinadigan parametr bo'yicha, ajratiladigan to'plamning matematik kutilishlarini qiymatini nazorat qilib boshlang'ich vektorning vazn koeffitsiyentlarini ishorasini ko'rsatish mumkin. Agar boshlang'ich vektorlarning boshlang'ich qiymatini har xil ishorali bir raqami ketma-ketligi ko'rinishida qabul qilinsa, u holda oxirgi shartni $m_A > m_B$ ko'rinishda olish istagi io'oralarni tanlashning quyidagi qoidasiga olib keladi

$$\begin{cases} c_j(0) = +1 \\ c_j(0) = -1 \end{cases} \quad (2.22)$$

$$m(x_{j_a})m(x_{j_b})$$

Faqat matematik kutilishlar munosabatlarini, bog'lanishlarini ishorasini tahlil qilish bilan boshlang'ich vektorlarning ishoralarini taqriban ko'rsatish mumkin. Bu harakatlar natijasida bo'ladigan haqiqiy yutuq suniy neyronni o'qitishning o'rtacha vaqtiniga juda katta ta'sir qiladi. yechiladigan masalaning o'lchami qanchalik yuqori bo'lsa, vaqt bo'yicha absolyut yutuq shunchalik yuqori bo'ladi.

2.5. Perseptron modeli

Bir qatlamli perseptronni o'qitish algoritmi [56,57,61,63]. Perseptron binar kirish signallari bo'yicha klassifikatsiya masalasini yechishi zarur. Kirish signallarini to'plamini n -o'lchamlik x vektori bilan belgilaymiz. Vektorning barcha elementlari bul o'zgaruvchilaridan iborat (bul o'zgaruvchilar "Haqiqat" yoki "Yolg'on" qiymatlarni qabul qiladi). Biroq, ayrim hollarda sonli qiymatlar bilan amallar bajarish foydali hisoblanadi. Shu boisdan o'zgaruvchining "Haqiqat" qiymatiga 1 raqami, "Yolg'on" ga esa 0 raqami moslashtirilgan, qabul qilingan.

Perseptronni quyidagi funksiyalar sistemasini hisoblovchi qurilma deb atashimiz mumkin:

$$\psi = \left[\sum_{i=1}^m \omega_i x_i > \theta \right] \quad (2.23)$$

bu yerda ω_i - perseptronni vazni, θ - porog, x_i - kirish signallarini qiymati, [57] qavs bul (mantiq) o'zgaruvchilari qiymatidan sonli qiymatlarga o'tishni bildiradi.

Perseptronni o'qitish vazn koeffitsiyentlarini sozlashdan iborat. Aytaylik, **o'qitish tanlanmasi** deb nomlangan bir juft vektorlar to'plami $(x^\alpha, y^\alpha), \alpha = 1, \dots, p$ bor bo'lsin. Bu o'qitish tanlanmasi yordamida NT o'qitilgan deb aytamiz, agar to'ring kirishiga berilgan har bir vektorga x^α mos ravishda to'ring chiqishida y^α vektor olinadi.

F. Rozenblat tomonidan taklif qilingan o'qitish algoritmi vazn matritsasini iteratsion tarzda sozlashdan iborat bo'lib, chiqish vektoridagi xatoliklarni ketma-ket kamaytiradi. Algoritm bir qancha qadamdan iborat:

1. Barcha neyronlarning boshlang'ich vaznlarining qiymati $W(t=0)$ tasodifan olinadi.

2. to'rga kirish obrazi x^α beriladi, natijada chiqish obrazi $\tilde{y} \neq y^\alpha$ shakllanadi.

3. to'ring chiqishidagi vektorning xatoliklari $\delta^\alpha = (y^\alpha - \tilde{y}^\alpha)$ hisoblanadi. Keyingi g'oya shundan iboratki, kichik xatoliklar makonida (oblastida) vazn koeffitsiyentlari vektorini qiymatini o'zgartirish chiqishdagi xatoliklarga proporsional bo'lishi zarur va nolga teng, agar xatolik nolga teng bo'lsa.

4. vaznlar vektorini qiymati quyidagi formula bo'yicha modifikatsiyalanadi: $W(t+\Delta T) = W(t) + \eta x^\alpha \cdot (\delta^\alpha)^T$. Bu yerda $0 < \eta < 1$ - o'qitish jadalligi.

5. 2-4 bosqichlar barcha o'qitish vektorlari uchun takrorlanadi. Bitta sikl barcha tanlanmalarni ketma-ket berish jarayoni asr deb nomlanadi. O'qitish jarayoni bir nechta asr o'tishi bilan yakunlanadi:

a) agar iteratsiya yaqinlashsa, ya'ni vazn vektorlarining qiymati o'zgarmaydi, yoki

b) barcha vektorlar bo'yicha jamlangan to'liq absolyut xatolik birorta kichkina qiymatdan ham kichik bo'lsa.

Bu algoritmni batafsil bayon qilamiz. Perseptronni kirishiga shunday vektor x beramizki uning uchun chiqishidagi tshg'ri ma'lumotlar oldindan ma'lum. Agar perseptronni chiqishidagi signal to'g'ri javob bilan mos kelsa, u holda hech qanday harakat qilish shart emas. Xatolik ro'y bergan holatda perseptronni misolni to'g'ri yechishi uchun o'qitish zarur. Xatolik ikki ko'rinishda bo'lishi mumkin. Har birini ko'rib chiqamiz:

1. Birinchi tur xatolik: perseptronni chiqishida -0 , to'g'ri javob esa -1 . Perseptron to'g'ri javob berishi uchun (1) formulaning o'ng tomonidagi summani qiymati katta bo'lishi zarur. Bilamizki o'zgaruvchilar 0 yoki 1 qiymat qabul qiladilar, bunga asosan summani qiymatini oshirish koeffitsiyentlarning ω , vaznini oshirish

hisobiga erishish mumkin. Biroq nulg teng x , o'zgaruvchilarning qiymatini oshirishning ma'nosi yuq. Shunday qilib, demak, qiymati 1 ga teng shunday x , o'zgaruvchilarning vaznini oshirish kerak.

Birinchi qoida. Agar perseptronni chiqishida -0 , to'g'ri javob esa -1 , u holda bir vaqtda faol bo'lgan neyronlar o'rtasidagi bog'lanishlar vaznini oshirish zarur.

2. Ikkinchi tur xatolik: perseptronni chiqishida -1 , to'g'ri javob esa -0 . Perseptron to'g'ri javob berishi uchun (1) formulaning o'ng tomonidagi summani qiymatini kamaytirish zarur. Demak, chiqish qiymati 1 ga teng bo'lgan shunday o'zgaruvchilarning bog'lanishlar vaznini o'zgartirish, kamaytirish zarur. Bu protsedurani oldingi qatlamdagi barcha faol neyronlar uchun amalga oshirish zarur.

Ikkinchi qoida. Agar perseptronni chiqishida -1 , to'g'ri javob esa -0 , u holda bir vaqtda faol bo'lgan neyronlar orasidagi bog'lanishlar vaznini kamaytirish zarur.

Shunday qilib, o'qitish protsedurasi xato yechilgan misollar uchun o'qitish qoidalarini qo'llash bilan o'qitish to'plamidagi barcha misollarni ketma-ket ko'rib chiqishni taqozo etadi. Agar navbatdagi siklda barcha misollar to'g'ri yechilgan bo'lsa, u holda o'qitish protsedurasi yakunlangan hisoblanadi.

Ikkita savol ko'rib chiqilmadi:

1. O'qitish protsedurasining yaqinlashishi.

2. O'qitish qoidalarini qo'llaganda bog'lanishlar vaznini qanchaga oshirish (kamaytirish).

Birinchi savolga javobni quyidagi teorema beradi.

Perseptronni yaqinlashishi haqida teorema. Agar ω parametrlar vektori mavjud bo'lsa, bunda perseptron o'qitish to'plamidagi barcha misollarni to'g'ri yechsa, u holda perseptronni o'qitish yuqorida keltirilgan algoritim bilan amalga oshirilsa yechim chekli qadamlar bilan topiladi.

Perseptronni siklga tushib qolish teoremasi. Agar ω parametrlar vektori mavjud bo'lsa, bunda perseptron o'qitish to'plamidagi barcha misollarni to'g'ri yechsa, u holda perseptronni o'qitish yuqorida keltirilgan algoritim bilan amalga oshirilsa biror chekli qadamlardan keyin vaznlar vektorini qiymatlari takrorlanib qola boshlaydi, o'zgarish bo'lmaydi.

Ikki qatlamli perseptron. Perseptronni o'qitish algoritmini ko'p qatlamli perseptronlarni o'qitish uchun ham qo'llash mumkin. Biroq yaqinlashi va siklga tushib qolish teoremlari faqat bitta qatlamli permkeptronlarni o'qitish uchun ishonchli. Xuddi shunday ko'p qatlamli perseptronda oxirgi qatlamdagi perseptronni o'qitish uchun yaroqli. Ixtiyeriy ko'rinishdagi ko'p qatlamli perseptronlar uchun qo'llab bo'lmaydi. Endigi keltiriladigan misol ko'p qatlamli perseptronlarni o'qitish mobaynida kelib chiqadigan asosiy muammoni namoyish qiladi.

Aytaylik perseptronni barcha qatlamlaridagi vaznlar shunday rasmiylashtirildiki, o'qitish to'plamidagi barcha misollar, birinchi misoldan tashqari, to'g'ri yechilyapti. Bunday holatda birinchi misol uchun to'g'ri javob 1 bo'lishi kerak. Oxirgi qatlamdagi perseptronni kirishidagi barcha signallarni qiymati nulg teng. Bunday holatda birinchi qoida natija bermaydi, chunki oxirgidan oldingi qatlamdagi barcha neyronlar faol emas. Mazkur muammoni yechishning bir qancha usullar to'plami mavjud. Biroq bu barcha metodlar regulyar emas va yechim olish uchun ko'p qatlamli perseptronni yaqinlashishiga kafolat bermaydi, hatto bunday yechim mavjud bo'lgan sharoitda ham.

Haqiqatda, ko'p qatlamli perseptronni o'qitish muammosi (sozlash) quyidagi teorema bilan yechiladi.

Perseptronni **ikki qatlamligi haqida teorema.** Har qanday ko'p qatlamli perseptron ikki qatlamli perseptron ko'rinishida tasvirlanishi mumkin, birinchi qatlamdagi o'qitilmaydigan vaznlari bilan.

Bu teoremani isbotlash uchun matematik mantiq bo'yicha bitta teorema kerak bo'ladi.

Dizyunktiv normal shakl haqida teorema. Har qanday bul argumentli bul funksiyasi dizyunksiya, konyunksiya elementar tushunchalar va inkor elementar funksiyalar bilan ifodalanishi mumkin:

$$f = \vee(\&x, \& \neg x_j).$$

Dizyunktiv normal shaklning birorta xossalarini eslatamiz.

1 xossa. Har bir konyunktiv a'zoga (qo'shiluvchi) barcha elementar tushunchalar to'g'ri ko'rinishda yoki inkor ko'rinishida kirishi mumkin.

2 xossa. Elementar tushunchalarning har qanday qiymatlarida dizyunktiv normal shaklida bittadan oshmagan konyunktiv a'zo (qo'shiluvchi) ishonchli (istina) bo'lishi mumkin.

Perseptronni ikki qatlamligi teoremasini sbotlash. Dizyunktiv normal shakl teoremasidan kelib chiqadiki, har qanday ko'p qatlamli perseptron quyidagi ko'rinishda ifodalanishi mumkin:

$$\psi = \left| \vee (\& x_i, \& \neg x_j) \right| \quad (2.23)$$

Dizyunktiv normal shaklning ikkinchi xossasiga binoan (2.23) ni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\psi = \left[\vee (\& x_i, \& \neg x_j) \right] = \left[\sum [(\& x_i, \& \neg x_j)] > 0 \right] \quad (2.24)$$

(2.24) ifodadagi barcha qo'shiluvchilarni arifmetik shaklga keltiramiz. Konyunksiyayani ko'paytirish bilan, inkorni ayirma bilan $\neg x_j = 1 - x_j$. Bu almashtirishlarni bajarib quyidagini hosil qilamiz:

$$\psi = \left[\sum_I \alpha_i \prod_{i \in I_i} x_i > 0 \right] \quad (2.25)$$

bu yerda I_i - ko'paytuvchilar indekslarini to'plami 1-qo'shiluvchida,

α_i - (2.25) ifodada bunday qo'shiluvchilar sonini ko'rsatadi.

(2.26) formuladagi i-chi qo'shiluvchini quyidagi ko'rinishdagi perseptron bilan almashtiramiz:

$$\varphi_i = \prod_{i \in I_i} x_i = \left[\sum x_i > |I_i| - 1 \right] \quad (2.26)$$

(2.25) ifodani (2.26) ga qo'yib (2.23) ni tengligini hosil qilamiz, ya'ni ixtiyoriy ko'p qatlamli perseptron butun sonli koeffitsiyentlar ko'rinishida ifodalanadi. Birinchi qatlam perseptronlari sifatida (11.8) ko'rinishidagi perseptronlardan foydalaniladi o'qitilmaydigan vaznlari bilan. Teorema isbotlandi.

Perseptronlarning asosiy xossalari quyidagilardan iborat:

1. Har qanday perseptron bitta yoki ikkita qatlamdan iborat bo'lishi mumkin. Ikki qatlamli perseptron holatida birinchi qatlamdagi vaznlar o'qitilmaydi.

2. Har qanday perseptronni qaznini butun sonli ko'rmishga almashtirish mumkin.

3. Chekli iyeratsiyalar natijasida o'qitishdan keyin ikkita holat bo'lishi mumkin: perseptron o'qitildi yoki perseptronni vazn vektorlarini qiymati takrorlanadi (siklga tushib qoladi).

Perseptronning bu xossalarini bilish o'qitish tezligini modifikatsiya qilish "takomillashtirilgan" tipidan qochishga imkoniyat yaratadi.

Materialni takrorlash va mustahkamlash uchun savollar

1. perseptronni o'qitish tushunchasi nimadan iborat?
2. bir qatlamli perseptronni o'qitishning asosiy bosqichlarini tavsiflang?
3. o'qitish tanlanmasi qanday rasmiylashtiriladi?
4. yaqinlashish teoremasini ma'nosi nimadan iborat?
5. siklga tushib qolish teoremasini ma'nosi nimadan iborat?
6. perseptronni butun sonli vaznlari to'g'risida nimani tushunasiz?
7. ikki qatlamli perseptron qanday ko'rinishda bo'ladi?
8. ikki qatlamlilik teoremasini ma'nosi nimadan iborat?
9. dizyunktiv normal shakl teoremasini ma'nosi nimadan iborat?
10. perseptronni o'qitish algoritmi bilan qanday qiyinchiliklar bog'langan?

2.6. Neyron to'rtli klasterlash usullari

Neyron to'rtlarini klassifikatsiya masalalarini yechish uchun parametrik va metrik metodlardan foydalaniladi, ular orasida birorta kompromis bo'lishiga qaramasdan. Neyron to'rtlari parametrik bo'lmagan modellar hisoblanadi, ma'lumotlar to'g'risidagi ehtimollik taqsimotlarni aniqlashni talab qilmaydi, biroq masofani o'lchash tushunchasidan ham foydalanmaydi. Bu esa ularni universal klassifikatorga aylantiradi, parametrik va metrik metolar yechaolmagan klasifikatsiya masalalarini NT yechish imkoniyatiga ega [34,35,64,65].

Klassifikatsiya ma'lumotlarni intellektual tahlil qilishning birdan bir muhim masalasi hisoblanadi. Bu masalalar analitik modellar yordamida yechiladi va klassifikatorlar deb ataladi.

Hozirgi paytda juda ko'p miqdorda turli ko'rinishdagi klassifikatorlar yaratilgan, bular uchun statistik metodlar (mantiqiy regressiya, dikriminant tahlil), hamda mashinali o'qitish metodlari (neyron to'rlari, yechimlar daraxti, yaqin qo'shnilar K-metodi, tayanch vektorlar mashinalari va boshqalar).

Klassifikatorlarning ayrim turlarini kamchiliklari va yaxshi tomonlari mavjud. Statistika metodlariga asoslangan klassifikatorlar juda yaxshi matematik asosga ega, biroq qo'llash bo'sicha murakkab, chunki ma'lumotlarni ehtimollik taqsimotini hisoblashni, aniqlashni talab qiladi. Modellarining strukturalari universal emas. Bundan tashqari, statistik metodlar obyektini biror klasga mansubligini ehtimolligini baxolaydi, nima uchun mansubligini tushuntira olmaydi.

Mashinali o'qitish metodiga asoslangan klassifikatorlar dastlabki ma'lumotlarni taqsimot parametrlarini baholashni talab qilmaydi, biror klasga mansubligi masofa funksiyasi yordamida rasmiylashtiriladi (odatda, yevklid funksiyasi). Bunday klassifikatorlar metrikaviy deb nomlanadi. Qoidaga binoan, parametrik metodlarga nisbatan foydalanish va amalga oshirish sodda. Biroq metrik klassifikatorlar evristik modellar hisoblanadi – amaliy jihatdan muhim hisoblangan cheklangan holatlardagina yechimni ta'minlashi mumkin, boshqa holatlarda noaniq yoki bitta bo'lmagan yechimlarni berishi mumkin. Shu boisdan ham bu usuldan ancha ehtiyotlik bilan foydalangan ma'qul.

Parametrik va metrik metodlar orasida kompromis tarzda klassifikatsiya masalasini yechish uchun neyron to'rlaridan foydalanish mumkin. Haqiqatan ham NT parametrik bo'lmagan modellar hisoblanadi, ma'lumotlarni ehtimollik taqsimot qonunlarini aniqlashni talab qilmaydi, masofalar o'lchamidan ham foydalanmaydi. Shu boisdan ham NT asoslangan klassifikatorlar universal hisoblanadi, parametrik va metrik metodlar yechaolmagan masalalarni mos yechimlarini olishni ta'minlaydi.

NT klassifikator sifatida qo'llashning ayrim jihatlari.

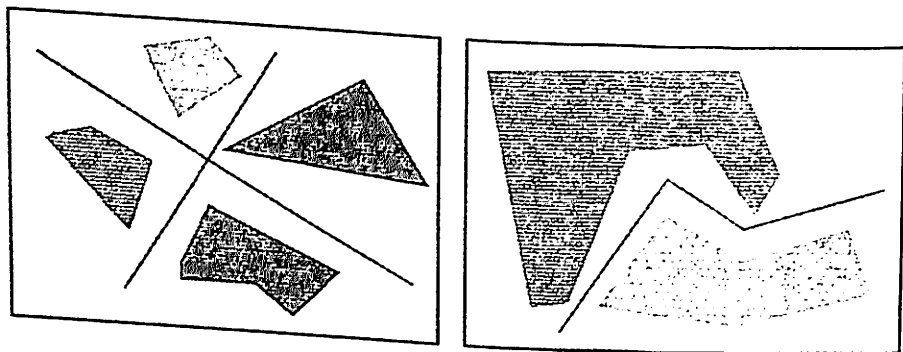
Oldindan ma'lumki NT asosiy masalasi sonli tavsiflash (predskazaniye). NT kirishiga signallar sonli ma'lumotlar ko'rinishida beriladi va chiqishida mos ravishda sonli ma'lumotlar olinadi.

Biroq, maxsus usullardan foydalanib ma'lumotlarni tasavvur qilish mumkin NT ishlashi uchun kategorial ma'lumotlar ko'rinishida, ya'ni to'ring kirishida va chiqishida kategorial qiymatlarni rasmiylashtirish mumkin. Buning uchun kategorial belgilar mos ravishda sonli qiymatlar yordamida kodlanadi.

Shunga qaramasdan NT klassifikator sifatida bir qator afzalliklarini ajratish mumkin:

- NT o'zini-o'zi o'qitish modeli hisoblanadi, buning uchun chetdan turib aralashadigan foydalanuvchiga talab yuq;
- NT universal approssimator hisoblanadi, har qanday uzliksiz funksiyani yetarlicha aniqlikda approssimatsiya qilish imkoniyatiga ega;
- NT nochiziq model hisoblanadi, klasslarni chiziqli ajratish imkoniyati bo'lmagan masalalarni samarali klassifikatsiya qilish imkoniyati mavjud (2.17-rasm).

Shuni takidlash lozimki, birorta maxsus neyrotarmoq arxitekturasi klassifikatsiya masalasi uchun mavjud emas. Klassifikatsiya masalasi uchun ancha ko'p ishlatiladigan NT arxitekturasi to'g'ri tarqalish to'ri hisoblanadi, kirish neyronlariga klassifikatsiya qilinadigan obyektning belgilari beriladi, chiqishida esa belgi shakllanadi yoki klassning sonli kodi. Odatda ko'p qatlamli perseptronlar ishlatiladi. Bunday to'rlarda belgilar vektorining elementlari kirish neyronlariga beriladi va birinchi yashirin qatlamdagi neyronlarning barchasiga taqsimlanadi, natijada masalaning o'lchamligi o'zgaradi



Chiziqli ajratiladigan klass chiziqli ajratilmaydigan klass
2.17-rasm. Klasslarni chiziqli ajratish.

Keyingi qatlamlar, xuddi shunday, belgilar fazosida obyektlarni ancha yuqori o'lchamli sinflarga ajratadi, dastlabki o'zchamlikga qaraganda. Masalan, dastlabki ma'lumotlardagi belgilar vektorining o'lchamligi 4 ga teng bo'lsa, va yashirin qatlam 6 ta neyron dan iborat bo'lsa, u holda chiqish qatlami obyektlarni sinflarga bo'lishni 6 o'lchamlik fazoda amalga oshiradi.

Bu esa jarayenning ancha samarali bo'lishini ta'minlaydi: neyron to'ring parametrlari va konfiguratsiyasini to'g'ri tanlab sinflashtirish masalasida yaxshi natijalarni olish mumkin, qachonki boshqa tipdagi faqat o'qituvchi ma'lumotlar o'lchamligida ishlovchi klassifikatorlar kerakli natijani ta'minlay olmasa. Kamchiligi shundan iboratki, bu to'ring konfiguratsiyasi, belgilar fazosida eng yaxshi usul bilan approksimatsiyalash funksisi oldindan aniq bo'lmasa. Shu boisdan ham bu funksiya eksperiment yo'li bilan tanlanadi, yoki o'xshash masalar yechimlaridagi tajribalardan foydalaniladi.

Agar bo'linadigan sinflar shunday bo'lishi mumkin, bunday obyektlarni bo'lish, klassifikatsiyalash uchun juda murakkab funksiya talab qilinishi, neyron to'ring o'lchamligi haddan tashqari katta bo'lishi mumkin. Bunday hollarda bu muammoni dastlabki ma'lumotlarni maxsus qayta ishlash usullari bilan hal qilish mumkin.

Dastlabki ma'lumotlarni tayyorlash. Klassifikatsiya masalasi uchun ishlatiladigan metolar va algoritmlar qanchalik mukammal

bo'lmasin yaxshi natijalarni olib bo'lmaydi, agar iflos "ma'lumotilar"ni klassifikatsiyalashga qo'llanilsa. Shu boisdan ham neyron to'rlari asosida klassifikatsiyalash modelida birinchi qadam dastlabki qayta ishlash va ma'lumotlarni tozalash hisoblanadi.

Bu yo'nalishda birinchi qadam turli sinflar nuqtai nazaridan ishonchli belgilarni tanlash zarur. Haqiqatan ham, predmet sohasini obyekt katta sondagi belgilar bilan tavsiflanishi mumkin. Bu belgilarning hammasi ham obyektни turli sinflarga ajratishda ishlatilmasligi ham mumkin, yoki ayrim belgilarning ta'siri sezilarli bo'lmashligi mumkin. obyektning belgilari ichida qiymatlari tasodifiy ko'rishda bo'lishi mumkin va obyektни sinflarga ajratish qonuniyatida o'z aksini topmaydi, bunday belgilardan foydalanish maqsadga muvofiq emas.

Bundan tashqari ishlatiladigan belgilarning sonini tanlash muhim rol o'ynaydi. Bir tomondan klassifikatorni qurishda qancha ko'p belgilar ishlatilsa, shuncha ko'pmiqdordagi axborotlardan foydalaniladi sinflarga ajratish uchun. Bunday sharoitda hisoblash xarajatlari va neyron to'ring o'lchamliligiga (o'qitish jarayenida sozlanadigan parametrlarning soni – neyronlarni bog'lovchi vaznlar) talab oshib ketadi. Ikkinchi tomondan, ishlatiladigan belgilarni sonini kamaytirish sinflarga ajratishni yomonlashtiradi. Masalan, shunday holat bo'lishi mumkinki, qachonki turli sinflardagi tobyektlarda bir xil qiymatli belgilar bo'lsa qarama qarshiliklar kelib chiqishi mumkin.

Masalan, qarz oluvchilarni klassifikatsiyalash masalasida "yaxshilar" va "yomonlar"ga ajratishda bor yo'g'i ikkita belgini qoldirish mumkin "Foyda" va "Yoshi". Bunday holatda ikkita qar oluvchi bir xil yoshdagi va bir xil doxod dagi turli sinflarda bo'lib qolish ehtimoli mavjud. Qarz oluvchilarni bir biridan yaxshi farqlash uchun yana bitta belgini qo'shish zarur, masalan, oiladagi insonlar soni. Shunday qilib, neyron to'ri asosida klassifikatorlarni o'qitish uchun belgilarni tanlash kompromisni (kelishuvchanlikni) izlash hisoblanadi.

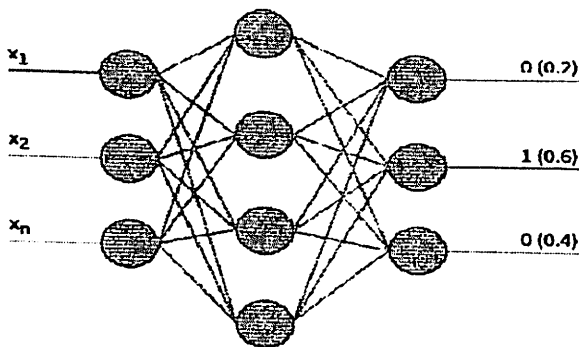
O'qitiladigan ma'lumotlarga dastlabki ishlov berishning yana bitta muhim turi belgilarning qiymatlarini normallashtirib 0..1 diapozonga keltirish. Masalan, «Foyda» va «Yoshi» juda katta miqdorlarda farqlanishi mumkin.

Bundan tashqari ma'lumotlarni tozalash zarur: qolib ketgan joylarini to'ldirish, dublikatlarni va karama-karshi ma'lumotlarni olib tashlash, anomal qiymatlarni pasaaytirish va boshqalar.

Chiqish qiymatlarini kodlash. Klassifikatsiya masalasini sonli bashoratlash masalasidan prinsipial farqi shundaki, neyron to'rida chiqish kattaligi diskret ko'rinishda (sinfni metkasi yoki uning sonli kodi).

Juda sodda holatlarda, agar klassifikatsiya binar tipda bo'lsa, masla neyron to'ri bilan yechilishi mumkin chiqish qatlamida yagona neyron bilan, neyronning chiqishida ikkita holat rasmiylashtiriladi (masalan, 0 yoki 1). Agar sinflar bir qancha bo'lsa, u holda to'ring chiqishida tasvirlash muammosini yechish zarur. Amaliyotda, odatda chiqish vektoridan foydalaniladi, uning elementlari bo'lib metka yoki sinfning nomerlari xizmat qiladi.

Bunda obyektning sinfga bo'lgan munosabati chiqish vektorining elementiga (i -chi element uchun j -chi sinfga), mos ravishda 1 ni o'rnatish bilan aniqlanadi, bu vaqtda to'ring boshqa chiqish elementlariga nol o'rnatiladi. Unda, masalan, ikkinchi sinfga to'ring 2-chi chiqishidagi bir mos keladi va qolganlariga 0 o'rnatiladi (2.18-rasm).



2.18-rasm. Bir qancha sinflarning to'ring chiqishida tasvirlanishi

Chiqishni kodlash uchun 1 dan tashqari boshqa qiymatlardan ham foydalanish mumkin. Biroq natijani interpretatsiya qilganda odatda sinfning nomeri to'ring maksimal qiymatli chiqish nomeri

bilan aniqlanadi. Masalan, misoldagi chiqish nomeri 2, chunki bu chiqishdagi qiymat maksimum.

Neyronto'ring o'lchamini tanlash. Samarali ishlaydigan klassikatorni qurish uchun to'ring o'lchamini to'g'ri tanlash zarur, ya'ni neyronlar torasidagi bog'lanishlar sonini. Buning uchun ikkita yondashuvdan foydalaniladi – konstruktiv va destruktiv. Birinchisi shunday tanlanadiki, dastlab to'r minimal o'lchamda olinadi, keyinchalik talab qilingan aniqlikni olguncha kattalashtirib boriladi. Har bir kattalashtirishdan keyin to'r qaytadan o'qitiladi. Xuddi shunday kaskadli korrelyatsiya metodi mavjud, bunda har bir o'qitish davri tugagandan keyin xatolikni minimallashtirish maksadida to'ring arxitekturasiga tuzatishlar kiritiladi.

Destruktiv yondoshuvda boshida to'r katta o'lchamlikda olinadi va keyin klassifikatorning aniqligiga juda kam ta'sir qiladigan neyronlar bog'lanishlari bilan olib tashlanadi. Bunda quyidagini eslash zarur: o'qitish to'plamidagi misollar soni to'ring sozlanadigan vaznlari sonidan ancha katta bo'lishi zarur. Aks holda to'r umumlashtiruvchi xususiyatni egallay olmaydi va chiqishida yangi ma'lumotlarga turli xoxlagan qiymatlarni berishi mumkin.

To'ring umumlashtiruvchi xususiyatlarini yaxshilovchi usullardan eng yaxshisi o'qituvchi misollarning sonini ko'paytirish yoki bog'lanishlar sonini kamaytirishdir. Birinchisi har doim ham mumkin emas ma'lumotlar hajmini cheklanganligi sababli, hamda hisoblash amallarining oshib ketishi sababli. Bog'lanishlar sonini kamaytirish esa to'ring aniqligini pasayishiga olib keladi. Shu boisdan modelning o'lchamini tanlash yetarlicha murakkab masala hisoblanadi, juda ko'p tajribalar o'tkazishni talab qiladi.

To'ring arxitekturasini tanlash. Yuqoridagi keltirilgan ma'lumotlarga ko'ra, klassifikatsiya masalasini yechish uchun neyron to'ringning hech qanday maxsus arxitekturasidan foydalanilmaydi. Bu yerda tipik yechim bo'lib ketma-ket aloqali bog'langan (perseptronlar) tekis qatlamli to'r hisoblanadi. Odatda turlicha sondagi neyronlar va ulardan turlicha usullar bilan qatlamlari tashkil qilingan bir qancha konfiguratsiyali to'rlar sinaladi.

Bunda tanlash uchun asosiy ko'rsatkich o'qitish to'plamini hajmi hamda to'ring umumlashtiruvchi xususiyatlarini shakllanishi hisoblanadi. Odatda to'rni o'qitish uchun **Back Propagation**

(teskari taqsimlanish) validatsion to'plam algoritmidan foydalaniladi.

Klassifikatorni qurish algoritmi. Neyron to'rlari asosida klassifikatorni qurish quyidagi bosqichlardan iborat.

1. Ma'lumotlarni tayyorlash

1. Masala uchun xarakterli bo'lgan misollardan ma'lumotlar bazasini tashkil qilish

2. Barcha ma'lumotlar majmuasini ikkita to'plamga bo'lish: o'qituvchi va testlash (3 ta to'mlaga ham bo'lish mumkin: o'qituvchi, testlovchi va validatsion)

2. Ma'lumotlarga dastlabki ishlov berish

1. Klassifikatsiya nuqtai nazaridan ishonchli belgilarni tanlashni amalga oshirish.

2. Ma'lumotlarni transformatsiya va zarurat tug'ilsa tozalash kerak

3. Chiquvchi qiymatlarni kodlash sistemasini tanlash (klassik kodlash, «2 ga 2»-kodlash va xakozo)

3. Konstruksiyalash, to'rni o'qitish va sifatini baholash

1. To'rning topologiyasini tanlash: qatlamlar soni, qatlamdagi neyronlar soni va hakozo.

2. Neyronlarning faollashtirish funksiyasini tanlash (masalan, logistik, gipertangens va boshqalar)

3. To'rni o'qitish algoritmini tanlash

4. Validatsion to'plam asosida to'rning ish sifatini baholash, yoki boshqa kriteriyani tanlash, arxitekturasi optimallashtirish

5. To'rning birorta variantida to'xtash, umumlashtirishni juda yaxshi usulda ta'minlaydigan va test to'plami yordamida ish sifatini baholash

4. Foydalanish va diagnostika

1. Turli faktorlarning yechim qabul qilishga ta'siri darajasini aniqlashtirish (evristik yondashuv)

2. Ishonch hosil qilish, endi to'r klassifikatsiyalashni aniqligini talab darajasida ta'minlaydi (noto'g'ri anglangan misollar soni juda kam)

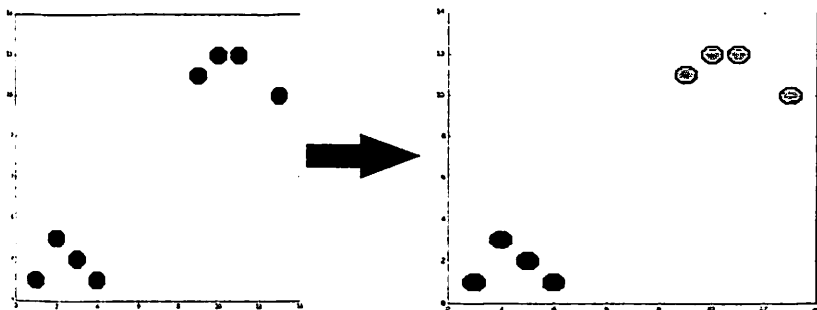
3. Zarurat tug'ilganda 2 bosqichga qaytish, misollarni berish usullarini o'zgartirish yoki ma'lumotlar bazasini o'zgartirish

4. To'rni amaliy masalalarni yechish uchun qo'llash

Samarali ishlaydigan klassifikatorni qurish uchun sifatli dastlabki ma'lumotlarga ega bo'lish zarur. Klassifikatorni quradigan har qanday metolar, neyron to'rlariga yoki statistik metodlarga asoslangan, hech qachon modelni kerakli sifat darajasida ta'minlay olmaydi, agar mavjud misollar to'plamiyetarli darajada to'liq bo'lmasa va yechiladigan masala uchun representativ bo'lmasa.

Klassifikatsiya masalasiga misol.

Berilgan: har bir element uchun bir guruh elementlar bir nechta xususiyatlarning qiymatlari (masalan, bo'yi, vazni, harorat va boshqalar). Shunga o'xshash guruhlarni ajratib ko'rsatish kerak elementlarini.



Klasterlashtirish.

● **Ierarxik**

- Har bir nuqta klaster
- Daraxtli tuzilmani saqlash bilan Eng yaqin klasterlarni

birlashtirish

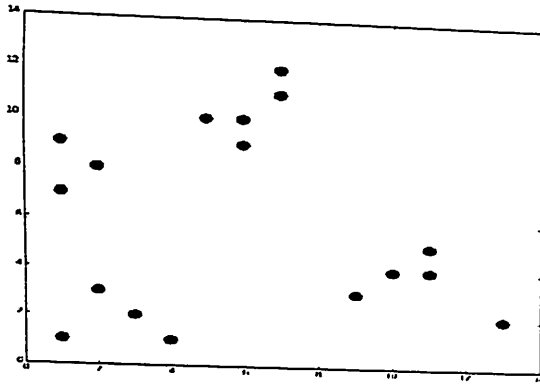
● **Nuqtalarni belgilash**

- Bir nechta klasterlarni aniqlang
- Har bir nuqtani eng yaqin klasterga belgilang

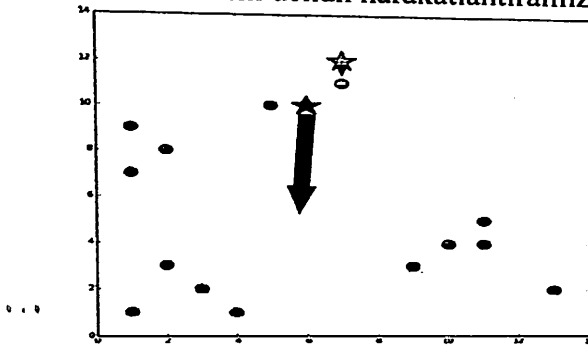
● **Bog'liqlik asosida**

- Bir-biriga yaqin bo'lgan ballar birlashtiriladiklasterlar

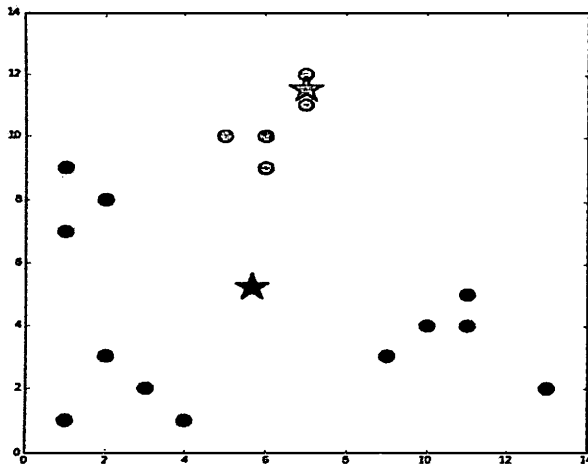
Misol. Ikki o'lchovli fazodagi nuqta to'plami mavjud bo'lganda (umumiy holda - ko'p o'lchovli). K-yaqin qo'shni metodi.



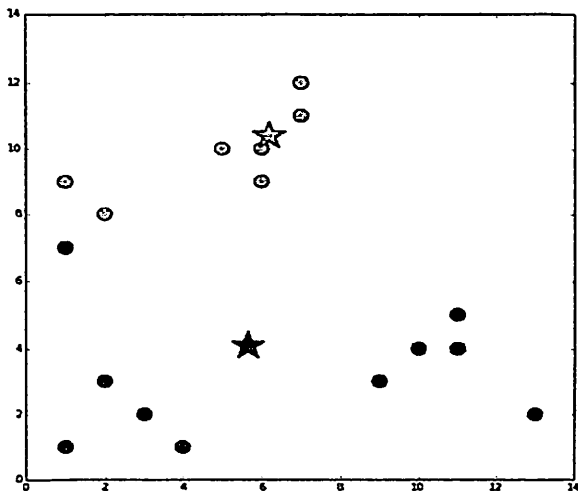
Klasterlarning markazlarini shu markazning barcha nuqtalariga masofa minimal bo'lishi uchun harakatlantiramiz



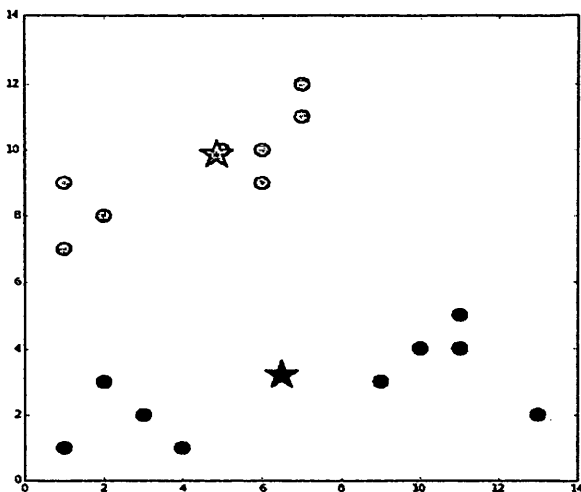
Klasterlar o'rtasida yana ballarni taqsimlaymiz.



Biz klaster markazlari pozitsiyalarini yangilashda va ballarni klasterlar o'rtasida taqsimlashni davom ettiramiz



Klaster markazlarining pozitsiyalari o'zgaradi.



K-metodni algoritmi

- 0) masofa metrikasini aniqlang
- 1) klasterlar sonini tanlang
- 2) ma'lumotlarni normalizatsiya qilish

- 3) Centroidlarni tanlang (klaster markazlari)
- 4) klasterlarga ballarni belgilang
- 5) Centroidlarni yangilang

0) E Talablar buyicha metrik masofani aniqlash:

- $E(x, y) = 0$ agar va faqat agar $x = y$

- $E(x, y) = E(y, x)$

- $E(x, y) + E(y, z) \geq E(x, z)$

Evklid masofa:

$$E_{12} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

1) Klasterlar sonini tanlash

Dastlab ma'lum bo'lsa yaxshi bo'ladi. Ammo ko'pincha, tadqiqotchilar bu ma'lumotga ega bo'lmaydilar, shuning uchun kerakli miqdordagi klasterlarni - Elbow taxmin qilish usuli taklif qilindi.

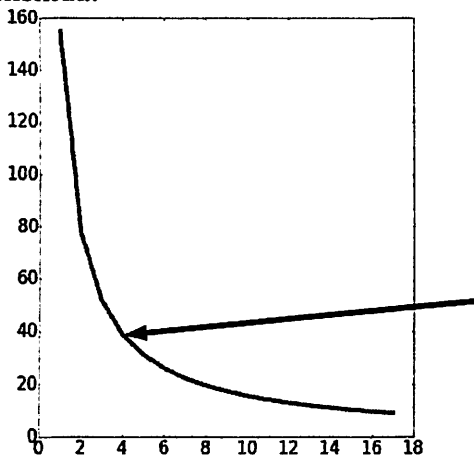
1) Tanlash miqdori klasterlar: Elbow usuli

• Funktsiya qiymati:

$$J = 1/n \sum E(\text{point}_i, \text{centroid}(\text{point}_i))$$

Keyinchalik, klasterlar sonining har xil qiymatlariga ega bo'lgan nuqtalar to'plami klasterlanadi va xarajatlar funksiyasi qiymatining klasterlar soniga bog'liqligi grafigi chiziladi.

Grafada klasterlar sonining optimal nisbati va xarajat funksiyasi qiymatini aniqlaydigan nuqtani tanlash kerak: grafika "tirsagi" egilishida.



1) Tanlash miqdori klasterlar

Butun boshlang'ich ballar to'plamining bir nechta klasteri, ko'pincha nuqta va o'lchovlar mavjudligi sababli juda ko'p vaqt talab qiladigan vazifadir. Shuning uchun, ballar to'plami tanlanadi va Elbow usuli uchun kirish sifatida ishlatiladi.

2) Ma'lumotlarni normalizatsiya qilish

$$E_{12} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

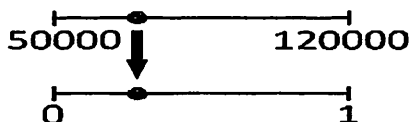
ID	Ish haqi kengashi	Yosh
1	80000	37
2	50000	23
3	120000	52
4	75000	28

$$E_{14} = \sqrt{(80000 - 75000)^2 + (37 - 28)^2} \approx 5000$$

2) Normalizatsiya qilish ma'lumotlarni

Ko'rsatilgan misolda, ish haqi minglab o'lchanganligi sababli, yosh ikki nuqta orasidagi masofani juda oz farq qiladi, va yoshi o'nlab. Normallashtirilgandan so'ng, parametr o'lchovlari o'lchovlari mos keladi va biz bu muammodan xalos bo'lamiz.

ID	S / n	Yosh		ID	S / n	Yosh
1	80000	37		1	0.4285	0.4827
2	50000	23		2	0	0
3	120000	52		3	1	1
4	75000	28		4	0.3571	0.1724



2) Normalizatsiya qilish ma'lumotlar

$$E_{14} = \sqrt{(80000 - 75000)^2 + (37 - 28)^2} \approx 5000$$

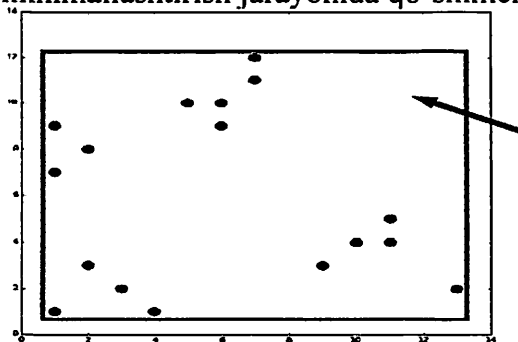
$$E_{14} = \sqrt{(0.4285 - 0.4827)^2 + (0.3571 - 0.1724)^2}$$

$$E_{14} \approx 0.19153$$

ID	S / n	Yosh
1	0.4285	0.4827
2	0	0
3	1	1
4	0.3571	0.1724

3) Tanlash centroids. Tasodifiy ballar ichida chegaralar [min; max]

Ushbu yondashuv bilan markazlarni tanlash mumkin "bo'shliq" fazo maydonlari va ular buni qilishlari kerak xarajat funktsiyasi qiymatini minimallashtirish jarayonida qo'shimcha usul..



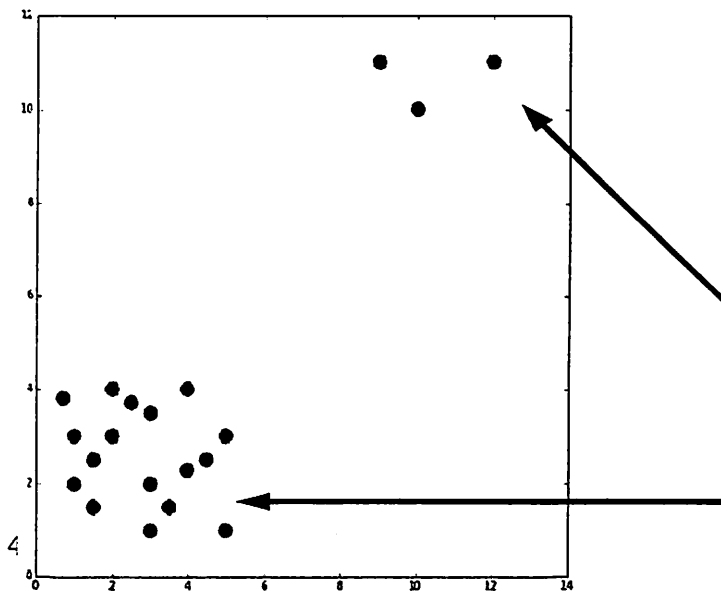
3) Centroidlarni tanlash ichida chegaralar [min; max] tasodifiy nuqtalardan Chegaralardagi tasodifiy nuqtalar guruhidan

Birinchi misolni ko'rib chiqishda biz foydalangan yondashuv. Boshlang'ichlar to'plamidan teng ehtimollik bilan bir nechta

punktlarni tanlaymiz, ularni ko'paytiramiz va dublikatlarni centroidlar sifatida ishlatamiz.

3) Centroidlarni tanlash.

Ammo, agar ko'pchilik nuqtalar bir joyga to'plangan bo'lsa va kichik guruhlar atrofda joylashgan bo'lsa, unda barcha markazlar ko'proq nuqtalar to'plamidan tanlanishi ehtimoldan yiroq emas - va bu erda klasterlarni tanlash mumkin bo'lmaydi



$$E_{12} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

5) Centroidlarni yangilanadi

• Klasterning barcha nuqtalarining har biri uchun o'rtacha qiymatio'lchov:

$$(0,17+0,12+0,22+0,96)/4 = 0,37$$

Klaster markazi sifatida shu nuqtani tanlanadi hamma uchun eng yaqin bo'lgan klasterklasterning nuqtalari (sentroid).

6) 4 va5 takrorlanadi

Takrorlanishni to'xtatish mezon:

– Miqdori iteratsiya (belgilangan oldindan)

– Hozirgacha qiymati qiymati vazifalari o‘zgarishlar NT yordamida klassifikatsiya masalalarini yechish uchun:

• Dastlabki ma’lumotlarni tayyorlash, dastlabki qayta ishlashdan o‘tkazish zarur. Obyektning arzimaydigan belgilarini va e’tiborga loyiq belgilarini ajratib olish maqsadga muvofiq. Belgilar sonini aniqlashtirish zarur.

• Belgilarning qiymatlarini normallashtirish, ya’ni 0..1 diapazonga keltirish.

• Ma’lumotlarni sifat jihatdan tozalash.

• Chiqish qiymatlarini kodlash, Xemming kodidan foydalanish.

• NT o‘lchamini tanlash.

• NT arxitekturasini tanlash.

• Klassifikatorlarni qurish algoritmini tanlash.

2.7. Koxonen o‘z-o‘zini tashkil etuvchi neyron to‘rlari

Qarama-qarshi yo‘nalishda tarqalish to‘riga kirish [33,37,41,47]. Qarama-qarshi yo‘nalishda tarqalish to‘rining imkoniyatlari bir qatlamli to‘rning imkoniyatlaridan yuqori. Bu to‘rni o‘qitish vaqtini teskari tarqlish to‘riga nisbatan 100 marotabagacha kamaytirish mumkin. **Qarama-qarshi tarqalish** teskari tarqalishga kabi shunchalik umumiy emas, biroq u juda uzoq o‘qitish protsedurasi mumkin bo‘lmagan paytda bunday ilovalarda yechimni olishga imkoniyat yaratadi. Boshqa to‘rlardagi cheklanishlardan o‘taoladigan qarma-qarshi tarqalish to‘ri o‘zining qiziqarli va foydali imkoniyatlariga ega.

Qarama-qarshi tarqalish to‘rida ikkita yaxshi o‘rganilgan algoritmnning xususiyatlari birlashgan: o‘zini-o‘zi tashkil qiluvchi Koxonenning kartasi va Grosbergning yulduzchasi. Buning natijasida bu ikkita algoritmnning aloxida olingan xossalari o‘xshamagan yangi xossalri namoyon bo‘ladi.

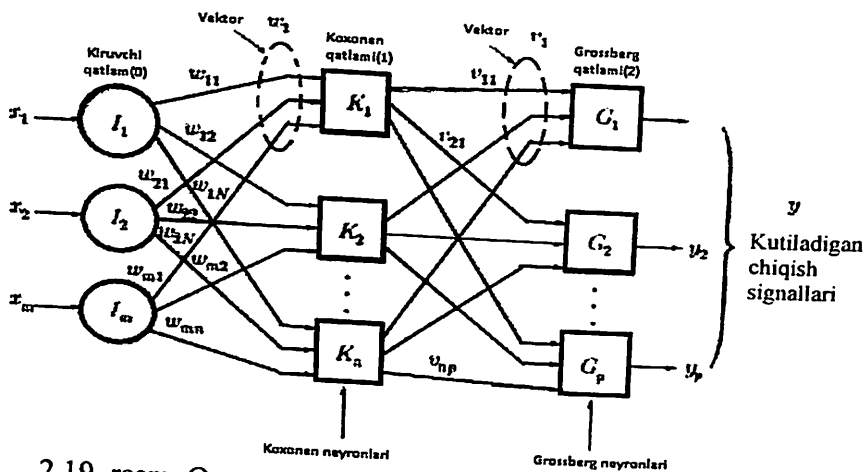
Qarama-qarshi tarqalishga o‘xshagan metodlar, turli xil to‘rlarning paradigmalarni xuddi qurish bloklari kabi birlashtiradi, shunday ko‘rinishdagi to‘rlarga olib kelishi mumkinki, har qanday boshqa bir jinsli strukturalarga nisbatan o‘zining arxitekturasi

bo'yicha inson miyasining tuzilishiga ancha yaqin bo'lgan stukturani hosil qilish mumkin. O'xshashligi shundan iboratki, tabiiy inson miyasida aynan turli xil vazifali modullarning birlashmasi talab qilinadigan hisoblashlarni bajarish imkoniyatini yaratadi.

Qarama-qarshi tarqalish to'ri ma'lumotlar stoliga o'xshab faoliyat ko'rsatadi, ya'ni umumlashtirish imkoniyatiga ega. To'rni o'qitish jarayonida kirish vektorlari mos ravishda chiqish vektorlarini assotsiatsiyalaydi; ular ikkilik kod ko'rinishida nul va birlardan tashkil topishi yoki uzliksiz bo'lishi mumkin. To'r o'qitilgan holatda yuo'lsa, kirish vektorlarini ilovasi talab qilingan chiqish vektorlarini hosil qiladi. To'rning umumlashtiruvchi xossasi agar kirish vektorlarining ilovasi to'liq yoki birmuncha noto'g'ri bo'lgan taqdirda ham to'g'ri natijani olishga imkoniyat yaratadi. Shunday qilib, bunday to'rdan obrazlarni anglash, obrazlarni qayta tiklash, signallarni kuchaytirish uchun foydalanish mumkin.

To'rning strukturasi. 2.19-rasmda qarama-qarshi tarqalish to'rini to'g'ri faoliyatini soddalashtirilgan versiyasi ko'rsatilgan. Bu yerda bunday paradigmalarning funksional xossalari namoyish qilingan.

Nolinchi (0) qatlamdagi neyronlar (aylana ko'rinishida ko'rsatilgan) faqat tarmoqlanish nuqtasi bo'lib xizmat qiladi va hech qanday hisoblashlarni bajarmaydi. 0 qatdamning har bir neyroni 1 qatlamning har bir neyroni bilan alohida vazn ω_{mn} orqali bog'langan (bu Koxonen qatlami deb nomlanadi). Umuman bog'lanish vaznlari bog'lanish vaznlari matritsasi W ko'rinishida qaraladi. Xuddi shunday, Koxonen qatlamidagi har bir neyron (1 qatlam) Grosberg qatlamidagi (2 qatlam) har bir neyron bilan vazn v_{np} orqali birlashgan. Bu vaznlar esa V matritsani tashkil qiladi. Bularning hammasi ancha boshqa to'rni eslatadi, biroq Koxonen qatlamidagi va Grosberg qatlamidagi neyronlar bajaradigan amallari bilan farqlanadi.



2.19–rasm. Qarama-qarshi tarqalish to‘rini to‘g‘ri faoliyatini soddalashtirilgan versiyasi

Juda ko‘p boshqa turdagi to‘lar kabi, farama-qarshi tarqalish to‘ri ikki rejimda faoliyat ko‘rsatadi: normal rejimda, bunda kirish vektori X qabul qilinadi va chiqish vektori U beriladi, o‘qitish rejimida esa bunda to‘rga kirish vektorlari beriladi va vaznlarda tuzatishlar hosil bo‘ladi, ya’ni talab qilingan chiqish vektorini olish uchun.

Koxonen qatlami. O‘zining oddiy ko‘rinishida Koxonen qatlami “g‘alaba qilgan barchasini oladi” tamoyilida faoliyat ko‘rsatadi, ya’ni bu kirish vektori uchun bitta va faqat bitta Koxonen neyroni chiqishida mantiqiy birni hosil qiladi, boshqa barcha neyronlar esa nolni beradi. Koxonenning neyronlarini elektr lampochkalarining to‘plami deb qabul qilish mumkin, har qanday kirish vektori uchun ulardan bittasi “yonadi”.

Koxonenning neyronlari K_1 bilan assotsiatsiyalangan vaznlar to‘plami $\omega_{11}, \omega_{21}, \dots, \omega_{m1}$ har bir neyronni kirish bilan bog‘laydi. Maslan, 19-rasmda Koxonen neyroni vaznga ega, bular vaznlar vektorini W_1 tashkil qiladi. Ular kirish qatlami orqali kirish vektorini tashkil etuvchi X kirish signallari x_1, x_2, \dots, x_m bilan bog‘lanadilar. Ko‘pchilik to‘rlardagi neyronlarga o‘xshagan tarzda har bir Koxonen neyronining chiqishi NET o‘lchangan kirishlardagi

vaznlarning oddiy yig'indisi ko'inishida bo'ladi. Bu quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$NET_j = \sum_i x_i \omega_{ij}$$

bu yerda – NET_j Koxonenning j neyronini chiqishi, yoki, vektor ko'inishidagi ifodasi,

$$N=XW,$$

bunda N — Koxonen qatlamini chiqishlari vektori.

Chiqishidagi NET qiymati maksimal bo'lgan Koxonen neyroni "g'olib" hisoblanadi va uning qiymati birga teng bo'ladi, boshqa qolgan neyronlarning qiymati nolga teng bo'ladi.

Grosberg qatlami. Grosberg qatlami ham o'xshash ko'inishda faoliyat ko'rsatadi. Uning chiqishi Koxonen qatlamidagi chiqishlarning k_1, k_2, \dots, k_n o'lchangan vaznlarining summasi hisoblanadi va K vektorni hosil qiladi. V bilan ifodalangan bo'lib vaznlarni bog'lovchi vektor, $v_{11}, v_{21}, \dots, v_{np}$ vaznlardan tashkil topadi. U holda har bir Grosberg neyronini chiqishi NET quyidagicha bo'ladi

$$NET_j = \sum_i k_i v_{ij}$$

bu yerda NET_j - j -chi Grosberg neyronining chiqishi, yoki, vektor ko'inishida $Y=KV$, bunda Y – Grosberg qatlamini chiqish vektori, K – Koxonen qatlamini chiqish vektori, V – Grosberg qatlamini vaznlar matritsasi.

Agar Koxonen qatlami shunday qilib faoliyat ko'rsatsa, unda faqat bittagina neyronning NET chiqish qiymati birga teng, boshqalariniki esa nolga teng, demak K vektorning faqat bittagina elementi noldan farqli va hisoblashlar juda sodda. Amaliy jihatdan Grosberg qatlamining har bir neyroni faqat vazn miqdorini beradi, bu neyron qiymati nol bo'lmagan Koxonenning yagona neyroni bilan bog'laydi.

Koxonen qatlamini o'qitish. Koxonen qatlami kirish vektorlarini o'xshash guruhlariga klassifikatsiyalaydi. Koxonen qatlamidagi vaznlarni shunday qayt qurish yordamida amalga oshiriladiki, unda bir-biriga yaqin kirish vektorlari mazkur qatlamdagi bittagina o'sha neyronni aktivlashtiradi. Undan keyin

esa Grosberg qatlamini masalasi talab qilingan chiqishni hosil qilishdan iborat.

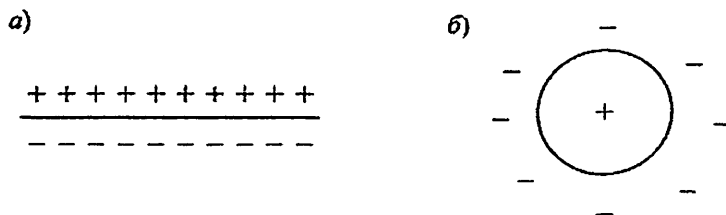
Koxonen to‘rini o‘qitish, o‘qituvchisiz, o‘zini-o‘zi o‘qitishdan iborat. Shu boisdan ham Koxonenning aynan qaysi neyroni faollashtiriladi berilgan kirish vektorlari uchun oldindan aytish juda qiyin (bu kerak ham emas). O‘qitish natijasida kirish vektorlarini o‘xshash bo‘lmaganlarini ajratishga kafolatli erishish zarur.

2.8. Radial neyron to‘rlar

Yuqoridagi ko‘rib chiqilgan ko‘p qatlamli neyron to‘rlari, kirish o‘zgaruvchilari to‘plamini $x \in R^n$ chiqish o‘zgaruvchilari to‘plamiga $y \in R^m$ aylantirish yo‘li bilan ko‘p o‘zgaruvchili funksiyalarni approksimatsiya amalini bajaradi [38,41].

Neyronlarni faollashtirishning sigmoid funksiyasi o‘zining xarakteri bo‘yicha global tipdagi approksimatsiyani amalga oshiradi. Buning natijasida uning neyroni, bir vaqtlar “ulangan” bo‘lgan, o‘zini holatini o‘zgartirmay qoladi kirish siganlining har qanday qiymatida, uning porogidan ham kaktta bo‘lishiga qaramay. Shu boisdan ham fazoning hoxlagan nuqtasida funksiyaning qiymatlarini o‘zgartirish juda ko‘p neyronlarning birgalikdagi kuchlari bilan amalga oshiriladi, mana shu global approksimatsiya deb tütushntiriladi.

Radial tipdagi to‘rlar sigmoid to‘rlarni tabiiy tarzda to‘ldirilgan ko‘rinishida tasvirlanadi. Sigmoid neyron ko‘p o‘lchamlik fazoda bu fazoni ikkita kategoriyaga bo‘lingan gipertekslikni ifodalaydi quyidagi shartlar bilan: yoki $(\omega, x) > 0$, yoki $(\omega, x) < 0$. bunday yondashuv quyidagi rasmda (2.20 a-rasm.) tasvirlangan

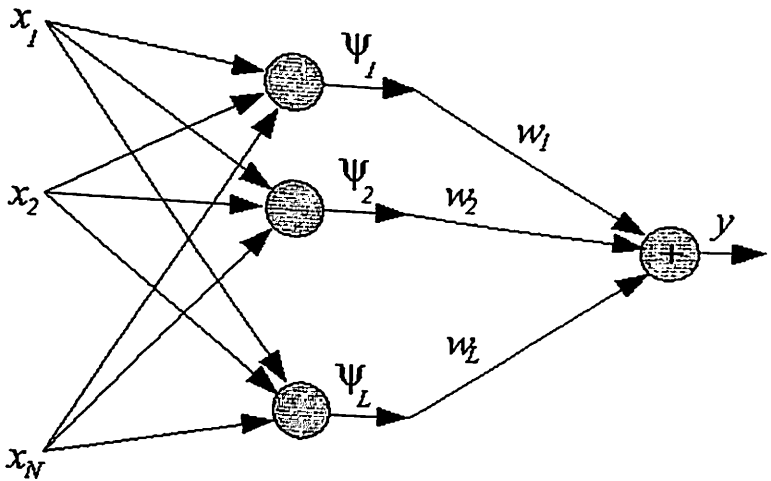


2.20-Rasm. Fazodagi ma’lumotlarni bo‘lish usulini namoyish etuvchi: a) sigmoid neyronlar bilan; b) radial neyronlar bilan.

O‘z navbatida, radial neyron gipersferani ifodalaydi, ya’ni markaziy nuqta atrofida fazoni shar ko‘rinishida bo‘lakashni amalga oshiradi (1b-rasm). Shu nuqtai nazardan u sigmoid neyronni tabiiy to‘ldiruvchisi deb ataladi, chunki ma’lumotlarning aylana bo‘yicha simmetrik holatida neyronlarning sonini yetarli, sezilarli darajada kamaytirishga imkoniyat yaratadi, ma’lumotlarni har xil sinflarga bo‘lish talab qilinganda. Bilamizki neyronlar turli xil funksiyalarni bajarishi mumkin, radial to‘rlarda juda katta miqdordagi yashirin qatlamlardan foydalanishga zarurat kerak emas. Radial to‘rning tipik strukturasi airish qatlamidan iborat bo‘lib unga kirish vektorini tavsiflovchi x kirish signallari beriladi, yashirin qatlam radial tipdagi neyronlar bilan va chiqish qatlami qoidaga ko‘ra faqat bitta yoki birqancha chiziqli neyronlardan tashkil topadi. Chiqish neyronining funksiyasi fakat yashirin neyronlar generatsiya qiladigan signallarni normallashtirish qiyimatlarini yig‘indisini hisblashdan iborat

Radial to‘rlar radial neyronlardan foydalanib quriladi, faqat o‘zining markazi atrofida faollashtirish funksiyasi nol bo‘lmagan qiymatga ega bo‘ladi. Shu boisdan ham bunday to‘r bilan approksimatsiya qilish lokal approksimatsiya deb ataladi.

Radial to‘r ikki qatlamli strukturaga ega, birinchi qatlam radial neyronlardan, ikkinchi qatlam, ya’ni chiqish qatlami – bitta yoki bir qancha chiziqli neyronlardan tashkil topadi. Quyidagi rasmda radial to‘rning bitta chiqishli struktura sxemasi tasvirlangan.



2.21-Rasm. Radial to‘ring bitta chiqishli struktura sxemasi.

Bu yerda $f_i(|X-C_i|)$ – bazis funksiya deb ataluvchi i -chi radial neyronning faollashtirish funksiyasi.

To‘r quyidagi ifodaga asosan kirish signallarini approksimatsiya qiladi (soddalik uchun $w_0=0$ deb oldik):

$$\dots \quad y = \sum_{i=1:L} (w_i * f_i(|X-C_i|)).$$

To‘mi o‘qitish masalasi maqsad funksiyasini minimumga kelishini ta‘minlovchi L , C_i va w_i larning qiymatlarini tanlashdan iborat.

$$E = (1/2) * \sum_{k=1:p} ((\sum_{i=1:L} (w_i * f_i(|X-C_i|)) - d^k)^2).$$

bu yerda p – o‘qitish tanlanmasining soni.

Quyidagi ko‘rinishdagi Grin matritsasini G deb belgilaymiz:

$f_i(|X^1-C_i|)$	...	$f_i(|X^1-C_L|)$
$f_i(|X^2-C_i|)$	...	$f_i(|X^2-C_L|)$
.	.	.
$f_i(|X^p-C_i|)$	...	$f_i(|X^p-C_L|)$

Agar radial funksiyalarning parametrlarini aniq deb hisoblasak, unda to'rtinchi o'qitish masalasi chiziqli algebraik tenglamalar sistemasini yechishga ekvivalent bo'ladi.

$$G^*W=D,$$

Bu yerda $W=[w_1, w_2, \dots, w_L]^T$ – vaznlar vektori, $D=[d^1, d^2, \dots, d^p]^T$ – tshning chiqish signalini kutiladigan qiymati.

G Matritsaning to'g'ri burchakli ekanligini hisobga olinsa (qoidaga binoan $p \gg L$) vaznlar vektorini W quyidagicha izlash mumkin

$$W=G^+*D,$$

bu yerda $G^+=(G^T*G)^{-1}*G^T$ – to'g'ri burchakli G matritsaning psevdoinversiyasi.

Radial funksiyaning argumenti sifatida evklid normasidan foydalanilsa kirish vektorlarining X komponentalarini masshtablash masalasini keltirib chiqaradi. Bu masala evklid metrikasi tushunchasiga Q matritsa ko'rinishidagi masshtablar koeffitsiyentlarini kiritish bilan yechiladi:

$$|Z|_2^2=(Q*Z)^T*(Q*Z)=Z^T*Q^T*Q*Z,$$

$$\text{bu yerda } Z=[z_1, z_2, \dots, z_N]^T.$$

Masshtablashtiruvchi matritsa N -o'lchovlik fazoda quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

q_{11}	q_{12}	...	q_{1N}
q_{21}	q_{22}	...	q_{2N}
.	.	.	
q_{N1}	q_{N2}	...	q_{NN}

Q^T*Q matritsalar ko'paytmasini korrelyatsiya matritsasi V deb belgilaymiz, unda quyidagiga ega bo'linadi

$$|Z|_2^2=\text{sum}[i=1:N](\text{sum}[j=1:N](b_{ij}*z_i*z_j)).$$

Agar masshtablashtiruvchi matritsa Q diogonal ko'rinishda bo'lsa (bu esa amaliyotda juda ko'p uchraydi), u holda

$$|Z|_2^2=\text{sum}[i=1:N](b_{ii}*z_i^2).$$

Yuqoridagi mulohazalarda elatilganday, ko'pchilik hollarda radial funksiya sifatida Gauss funksiyasidan foydalaniladi, uning o'zgaruvchilarni masshtablantirilmagan varianti quyida keltirilgan

$$f_i(X) = f_i(|X - C_i|_2) = \exp(-|X - C_i|_2^2 / (2 * s_i^2)),$$

bu yerda s_i - parametr, funksiyaning kengligini beladi.

Gauss funksiyasining varianti, i -chi bazis funksiya bilan bog'langan masshtablangan Q_i matritsadan foydalanganda, quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$f_i(X) = f_i(|X - C_i|_2) = \exp(-(X - C_i)^T * Q_i^T * Q_i * (X - C_i)) = \exp((1/2) * (X - C_i)^T * B_i * (X - C_i)),$$

bu yerda $(1/2) * B_i = Q_i^T * Q_i$ skalyar koeffitsiyent $1/(2 * s_i^2)$ rolini o'ynaydi.

Radial to'rni o'qitish [35,41,57]. Radial to'rni o'qitish ikkita bosqichga bo'linadi:

1. har bir radial neyron uchun f_i radial funksiyani parametrlari tanlanadi (Gauss funksiyasidan foydalanilsa bu markaz C_i va kenglik parametri s_i);

2. to'rning chiqish qatlamidagi neyronlarning vaznlarini tanlash.

Bu yerda ikinchi bosqich birinchiga qaraganda ancha sodda, chunki $W = G^+ * D$ ifodani hisoblashga keltiriladi, bu yerda asosiy hisoblash xarajatlari - Grin matritsasini G psevdoinversiyasini hisoblashdan iborat.

Birinchi qatlamning barcha neyronlari uchun Gauss radial funksiyasini parametrlarini izlash masalasi o'z navbatida ikkita masalaga bo'linadi:

1. C_i ni markazlarini aniqlash;
2. s_i larning kengligini hisoblash.

Bilamizki, C_i ning markazlarini joylashtirishga bo'lgan asosiy talablar, kirish X ma'lumotlarining aniqlanish sohasidagi, quyidagicha bo'ladi:

- Aniqlanish sohasini to'liq qamrab olish;
- Taksimotning tekis taqsimlanishi.

Aynan bu talablarga ma'lumotlarni klasterizatsiya bo'yicha yechish javob beradi. Demak, ma'lumotlar klasterida o'rtachalashtirilgan vektorlarni aniqlash uchun bunday to'rlarda qo'llaniladigan o'qitish algoritmi, radial funksiyalarning markazlarini izlash uchun to'g'ridan-to'g'ri radial to'rlarga qo'llash mumkin.

Barcha radial funksiyalarning C_i markazlarini joylashishini aniqlagandan keyin s_i ning parametrlarini tashlash amalga oshiriladi,

unda radial funksiyaning qiymati e satxning qiymatidan yuqori bo'ladi.

Eng osoni s_i ning qiymati sifatida C_i ning markazidan eng yaqin qo'shnigacha bo'lgan evklid masofani olgan ma'qul. Eng ko'p qo'shnilarni xam hisobga olish mumkin, quyidagi formuladan foydalanib

$$s_i = \text{sqrt}((1/L) * \sum_{j=1:L} (|C_j - C_i|^2)),$$

bu yerda $L - C_i$ markazning yaqin qo'shnilari soni (odatda $L=3...5$).

Radial to'rlarning matematik asoslari. Radial to'rlarning faoliyat ko'rsatish asosini T.Koverning obrazlarni anglash teoremasi tashkil qiladi, ya'ni bu teoremaga binoan birorta ko'p o'lchamlik qazoda obrazlarning nochiziqli proyeksiyalarini juda katta ehtimollik bilan chiziqli bo'laklash (ajratish) mumkin

Agar radial funksiyalar vektorini N - o'lchamlik fazoda $\varphi(x)$ deb belgilansa, u holda fazo φ nochiziqli ikkita X^+ va X^- fazoviy sinfga bo'lingan deyiladi, agarda shunday ω vaznlar vektori mavjud bo'lsa, unda

$$\omega^T \varphi(x) > 0, x \in X^+$$

$$\omega^T \varphi(x) > 0, x \in X^-$$

Bu ikkita sinf orasidagi chegara $\omega^T \varphi(x) = 0$ tenglama bilan aniqlanadi.

Isbotlangan, har bir obrazlar to'plami, ko'p o'lchamli fazolda tasodifiy tarzda joylashgan bo'lsa, φ fazo 1 ehtimollik bilan bo'linuvchi fazo bo'ladi, shunday shart bilanki agar bu fazoning o'lchamlari juda katta bo'lsa. Amaliyotda bu shundan dalolat beradiki, radial funksiyalarni $\varphi(x)$ amalga oshiruvchi juda katta sondagi yashirin neyronlarni qo'llash bor-yo'g'i ikki qatlamli to'rni qurganda klassifikatsiya masalasini yechishni kafolatlaydi: yashirin qatlam $\varphi(x)$ vektorni amalga oshirishi zarur, chiqish qatlami esa chgona chiziqli neyrondan tashkil topishi mumkin, u ω vektor bilan berilgan vazn koeffitsiyentlari bilan berilgan yashirin neyronlardag signallarni jamlash amalini bajaradi

Oddiy radial tipidagi neyron to'ri ko'p o'lchamlik interpolatsiya prinsipida faoliyat ko'rsatadi, P to'plamdagi $d_i, i=1,2,\dots,p$ sonlardan N - o'lchamlik kirish fazosida $x_i, i=1,2,\dots,p$ kirish vektorlarining turli xil p akslantirishlaridan tashkil topgan.

Bu jarayenni amalga oshirish uchun p radial tipidagi yashirin neyronlardan foydalanish zarur va shunday akslantirish $F(x)$ funksiyasini berish kerakki uning uchun quyidagi interpolatsiya sharti bajarilsin

$$F(x_i) = d_i$$

Chiqishdagi vazniga ega bo'lgan chiziqli neyronlar bilan aloqalarni bog'lovchi p yashirin neyronlardan foydalanish, mos keladigan o'lchangan bazis funksiyalarning qiymatlarini jamlash yo'li bilan to'ring chiqish signallarini rasmiylashtirishni anglatadi.

Bita chiqishli va p o'qituvchi (x_i, d_i) juftlikdan iborat radial tshmi ko'rib chiqamiz. To'ring har bir p markazlarini tugunlarini koordinatalari birorta x_i vektorlar bilan aniqlanadi, ya'ni $c_i = x_i$. Bunday holatda to'ring kirish va chiqish signallari orasidagi o'zaro bog'lanishlar vaznlarga nisbatan chiziqli bo'lgan tenglamal sistemasi bilan aniqlanishi mumkin, u matritsa ko'rinishida quyidagicha ko'rinishda bo'ladi:

$$\varphi \cdot w = d,$$

$$\varphi_{j_i} = (\|x_j - x_i\|)$$

$$w = [w_1, w_2, \dots, w_p]^T$$

$$d = [d_1, d_2, \dots, d_p]^T$$

$$x_1 \neq x_2 \neq \dots x_p$$

$$W = \varphi^{-1}d,$$

$$p \times p$$

$$K$$

$$F(x) = f_1 + f_2 + \dots + f_K,$$

$$f_i = w_i \varphi(\|x - c_i\|), K < p$$

$$i = 1, 2, \dots, K$$

$$K = pj$$

$$c_i = x_i$$

$$\varphi(x) = \varphi(\|x - c_i\|) = \exp(-\|x - c_i\|^2 / 2\sigma_i^2).$$

$$\sigma_i$$

$$w_0$$

$$\beta$$

$$w^T x$$

$$NET_j = k \sum_{i \neq j} \omega_{ij} OUT_i + IN_j$$

$$OUT_j = \begin{cases} 1, \text{ agar } NET_j > T_j \\ 1, \text{ agar } NET_j < T_j \\ 0, \text{ z garmaydi, agar } NET_j = T_j \end{cases}$$

$$Y = \{y_i : i = 0 \dots n-1\}$$

$$x_i^k$$

$$k = 0, \dots, m-1$$

$$Y = X^k$$

$$\omega_{ij} = \begin{cases} \sum_{k=0}^{m-1} x_i^k x_j^k, \text{ agar } i \neq j \\ 0, \text{ agar } i = j \end{cases}$$

$$X = \{x_i : i = 0 \dots n-1\}$$

$$\varphi \cdot w = d, \quad (2.27)$$

bu yerda $\varphi_{\mu} = (\|x_j - x_i\|)$ majburiy vector x_j , $w = [w_1, w_2, \dots, w_p]^T$ va $d = [d_1, d_2, \dots, d_p]^T$ bilan markazi x_i nuqtada bo'lgan radial funksiyani aniqlaydi.

Quyidagi holatdagi

$$x_1 \neq x_2 \neq \dots x_p$$

radial funksiyalar uchun kvadratli interpolyatsion φ matritsa bir jinsli emas va bu yerda manfiy bo'lmagan ko'rinishda aniqlangan. Shu boisdan (2.27) tenglamani yechimi quyidagi ko'rinishda bo'ladi, bu esa to'ring chiqishidagi neyronni vazn vektorini olishga imkoniyat yaratadi.

$$W = \varphi^{-1}d, \quad (2.28)$$

(2.28) ifodada tasvirlangan muammoning nazariy yechimi, absolyut to'g'ri deb hisoblanmasligi mumkin chunki to'ring boshida qilingan chetlanishlarning umumiy xossalarini juda qattiq cheklanganligi sababli. Juda katta miqdordagi o'qitish tanlanmasida va unga teng bo'lgan miqdordagi radial funksiyalar muammosi matematik nuqtai nazardan cheksiz bo'ib qoladi (juda yomon strukturalangan), chunki (2.27) modellashtiruvchi tenglama bilan fizik jarayen modellashtirilganda tenglamalar soni fizik jarayenning erkinlik darajasi sonidan oshib keta boshlaydi. Bu shundan dalolat beradiki, haddan tashqari ko'p sonli vazn koeffitsiyentlarini natijasi o'qituvchi tanlanmani kuzatib boruvchi turli ko'rinishdagi shovqinlar yoki nosozlanuvchi adaptatsiya modeli bo'lib qoladi. Buning natijasida ma'lumotlar bilan interpolyatsiyalangan gipersirtni yuzasi tekis bo'lmaydi, umumlashtiruvchi imkoniyatlari esa juda kuchsiz bo'lib qoladi.

Buni kuchlantirish uchun radial funksiyalarning sonini kamaytirmoq kerak va talabga qaragandagidan ham ko'p bo'lgan ma'lumotlar hajmidan masalani regulyarizatsiya qilish uchun qo'shimcha axborotni olish va uni yaxshilash uchun xarakat qilinadi.

Radial neyron to'ri [56,63]. p bazis funksiyalarni yoyilishidan foydalanish, bu yerda p - o'qituvchi tanlanmaning soni, amaliy nuqtai nazardan mumkin bo'lmagan holat, chunki odatda bu tanlanmaning soni juda katta, va natijada o'qituvchi algoritmning hisoblash qiyinligi juda oshib ketadi. $p \times p$ o'lchamlik (2.27)

tenglamalar sistemasini yechish, p ning katta qiymatlarida juda katta qiyinchilik tugʻdiradi.

Xuddi shunday, koʻp qatlamli toʻrlar uchun, vaznlar sonini keltirib chiqarish zarur, bunday holatlarda bazis funksiyalarning sonini kamaytirishga xarakat qilishadi. Shu boisdan ham kichik oʻlchamli fazoda suboptimal yechimni izlashadi, bu esa yetarlicha aniqlikda aniq yechimni aproksimatsiya qiladi. Agar K bazis funksiyalar bilan cheklanilsa, u holda aproksimatsiyalovchi yechimni quyidagicha tasvirlash mumkin

$$F(x) = f_1 + f_2 + \dots + f_K, \quad (2.29)$$

bu yerda $f_i = w_i \varphi(\|x - c_i\|)$, $K < p$, va $c_i, i = 1, 2, \dots, K$ -

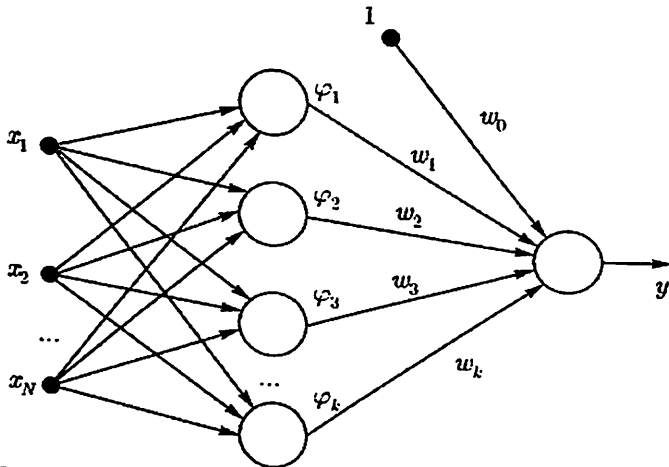
aniqlanishi zarur boʻlgan markazlar toʻplami. Ayrim hollarda, agar $K = p$ deb qabul qilinsa, u holda aniq yechimni olish mumkin $c_i = x_i$.

Koʻpchilik hollarda radial funksiya sifatida Gauss funksiyasini qoʻllashadi. Ularning markazini c_i nuqtaga joylashtirilganda qisqartirilgan shaklda quyidagicha aniqlanishi mumkin

$$\varphi(x) = \varphi(\|x - c_i\|) = \exp(-\|x - c_i\|^2 / 2\sigma_i^2). \quad (2.30)$$

Bu ifodada σ_i - parametr, funksiyaning kengligi uning qiymatiga bogʻliq.

Olingan natijalar, koʻp oʻlchovli fazoda lokal bazisli radial funksiyalarning (ifoda (2.29)) solishtirilgan oʻlchovli yigʻindisi aproksimatsiyalovchi funksiya koʻrinishida tasvirlangan, bu oʻz navbatida 2.22-rasmdagiday radial neyron toʻri bilan interpretatsiya qilinishi mumkin (soddalik uchun bu radial toʻr faqat bitta chiqishga ega), bunda i (2.30) ifoda bilan aniqlanadi. Bu toʻr ikki qatlamli strukturadan iborat, bunda faqat yashirin qatlam nochiziq akslantirishni amalga oshiradi, bazis radial funksiyali neyronlar bilan bajariladi. Chiqish neyroni, qoidaga binoan chiziqli, uning vazifasi, roli yashirin qatlamdagi neyronlardan kelayotgan signallarning solishtirma qiymatlarini yigʻindisini hosil qilishdan iborat. Vazn w_0 , xuddi sigmoidal funksiyadan foydalangandagiday, porogni (polyarizatsiyani) tasvirlaydi, funksiyaning doimiy siljishini ifodalovchi koʻrsatkich.



2.22-Rasm. Radial to‘rning umumlashgan strukturasi

Hosil qilingan radial to‘rning arxitekturasi shunday strukturaga mansubki, bitta yashirin qatlamli sigmoidal to‘rning ko‘p qatlamli strukturasi o‘xshashdir. Bunda yashirin neyronlar bazis radial funksiyalarning rolini o‘ynaydi, sigmoidal funksiyalardan o‘zining signalining shakli bilan farq qiladi.

Bunday o‘xshashliklariga qaramasdan bunday tipdagi neyron to‘rlari bir-biridan prinsipial farq qiladi. Radial to‘r bitta yashirin qatlamli va chiziqli chiqish neyronli tugallangan (o‘zgarmaydigan) strukturaga ega, sigmoidal to‘r esa turlicha sondagi qatlamlarga, chiqish neyronlari ham chiziqli, ham nochiziqli bo‘lishi mumkin. To‘rda ishlatiladigan radial funksiyalar juda ko‘p turli tuman strukturalarga ega bo‘lishi mumkin. Har bir yashirin neyronning nochiziqli radial funksiyasi o‘zining c , va σ , qiymatli parametrlariga ega bo‘lishi mumkin, bunda sigmoidal to‘rga o‘xshab, qoidaga binoan, β parametrli barcha neyronlar uchun faqat bittagina faollashtiruvchi standart funksiyani qo‘llash mumkin. Radial funksiyalarning argumenti c , ning markazidan obraz x gacha bo‘lgan evklid masofadan iborat, sigmoidal to‘rlarda esa - $w^T x$ vektorlarning skalyar ko‘paytmasidan iborat.

2.9. Rekurrent to‘rlar

Teskari bog‘lanishli to‘rlarning konfiguratsiyasi [35,37,41,47]. Yuqoridagi ko‘rib chiqilgan perseptron axborotlarni to‘g‘ri oqimli yo‘naltirilgan va teskari aloqasi bo‘lmagan neyron to‘rlari sinfiga mansubdir. Faoliyat ko‘rsatish bosqichida har bir neyron o‘zining funksiyasini bajaradi – o‘zining hayajonini boshqa neyronlarga uzatadi-faqat bir marta. neyronlarning dinamik holati iteratsion jarayen emas.

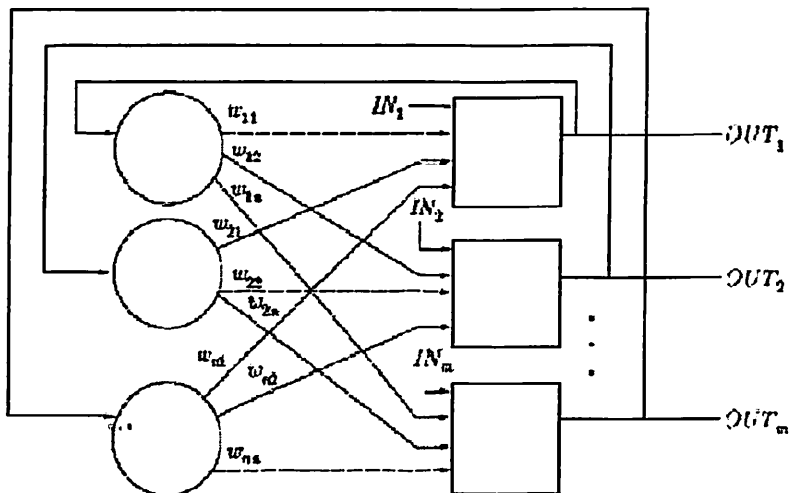
Koxonen to‘rida neyronlarning dinamikasi bir qansa murakkuab hisoblanadi. Neyronlarning raqobatli musobaqasi iteratsiya yo‘li bilan amalga oshiriladi, bu jarayenda axborotlar neyronlar o‘rtasida ko‘p marotalab uzatiladi.

Umumiy holatda neyron to‘ri xoxlagancha teskari aloqaga ega bo‘lgan, bu aloqa orqali uzatilgan hayajonlanish yana o‘sha neyronga aytib keladi va u yana o‘z funksiyasini bajarishni davom ettiradi. Lokal ko‘rinishdagi biologik neyron to‘rlarini kuzatish juda ko‘p teskari aloqalarning mavjudligini ko‘rsatadi. Neyronlar dinamikasi bunday sistemalarda iteratsion holatda bo‘ladi. Bu xossa neyron to‘rlari arxitekturalarini juda ko‘p tiplarini kengaytirishga imkon yaratadi, shu bilan birga yangi muammolarni ham keltirib chiqaradi.

Neyronlar holatining iteratsion bo‘lmagan dinamikasi, odatda, doim turg‘un. Teskari aloqalar noturg‘un holatlarni keltirib chiqarishi mumkin, xuddi radiotexnika sistemalaridagi kuchaytirish sxemalaridagi musbat teskari bog‘lanishlar. Neyron to‘olarida noturg‘unlik holati neyronlar holatining daydi ko‘rinishida o‘zgarishidan kelib chiqadi, bu esa statsionar holatni kelib chiqishiga olib kelmaydi. Umuman olganda, teskari aloqali har qanday sistemani dinamik turg‘unligi masalasi juda murakkab masala va hozirgacha o‘ziningechimini topganicha yo‘q, masala ochiq hisoblanadi.

Xususiy neyron to‘rlarining arxitekturasini muhim holatlariga to‘xtalamiz, bunday to‘rlar uchun turg‘unlik xossalari juda yaxshi o‘rganilgan. Quyidagi 23-rasmda ikkita qatlamdan tashkil topgan teskari aloqali to‘r tasvirlangan. Xopfieldning va shunga o‘xshash boshqalarning ishlaridagi tasvirlangan to‘rlardan ancha farq qiladi,

biroq funksional nuqtai nazardan ekvivalent hisoblanadi. Nolinchi qatlam, oldingi rasmlardagi kabi hisoblash funksiyalarini bajarmaydi, faqat to‘ring chiqishini teskari tomonga, ya’ni kirishga qarab taqsimlaydi. Birinchi qatlamning har bir neyroni o‘zining kirishidagi signallarni o‘lchamlashtirilgan summasini hisoblab NET signali hosil qiladi, undan keyin bu signal noxiziqli F funksiya yordamida OUT signaliga o‘zgartiriladi. Bu amallar boshqa to‘rlardagi neyronlar bilan o‘xshashdir.



Qatlam 0 Qatlam 1

2.23-rasm. Teskari aloqali neyron to‘ri

Binar sistemalar. D.Xopfildning birinchi ishida F oddiy porog funksiyasi edi. Bunday neyronning chiqishi birga teng, agar boshqa neyronlarning solishtirma o‘lchangan chiqish summasi belgilangan satxdan T katta bo‘lsa, aks holda u nolga teng. Sathning qiymati quyidagicha hisoblanadi:

$$NET_j = \sum_{i \neq j} \omega_{ij} OUT_i + IN_j$$

$$OUT_j = \begin{cases} 1, \text{ agar } NET_j > T, \\ 1, \text{ agar } NET_j < T, \\ \text{o'zgarmaydi, agar, } NET_j = T, \end{cases}$$

To‘rning holati – bu barcha neyronlardan keladigan *OUT* joriy signallarning qiymatlari to‘plami. Xopfieldning dastlabki to‘rida har bir neyronning holati tasodifiy diskret vaqt momentlarida o‘zgarib turdi, keyinchalik esa – neyronlarning holati birvaqtda o‘zgaradigan bo‘ldi. Chunki binar neyronning chiqishi faqat bir yoki nol bo‘lishi mumkin (oralik daraja yo‘q), bunday holatda to‘rning joriy holati ikkilik sistemasi bilan belgilanadi, har bir bit birorta neyronning *OUT* signali bo‘ladi.

Bunday to‘rda yechiladigan masala qoida bo‘yicha quyidagicha rasmiylashtiriladi. Ikkilik signallarning namuna deb hisoblanuvchi birorta to‘plami ma‘lum (tasvir, raqamlashtirilgan tovush, raqamlashtirilgan boshqa ma‘lumotlar). To‘r o‘zining kirishiga berilgan har qanday noideal signaldan mos namunani (agar shunday bo‘lsa) ajratib olishi (ozgina axborotlar bo‘ytcha “eslashi”) yoki “xulosa berishi” zarur, ya‘ni kirish ma‘lumotlari birorta namunaga mos kelmaydi deb. Umumiy holatda har qanday signal vektor ko‘rinishida $X = \{x_i : i = 0 \dots n-1\}$ tavsiflanishi mumkin, n – to‘rdagi neyronlar soni va kirish va chiqish vektorlarini o‘lchami. To‘rning har bir elementi x_i yoki 1 yoki 0 ga teng. k -chi namunani tavsiflaydigan vektorni belgilaymiz X^k orqali, uning komponentalarini mos ravishda x_i^k $k = 0, \dots, m-1$ -komponentalar soni. To‘r unga berilgan ma‘lumotlar asosida birorta namunani anglab yetsa (yoki “eslasa”), uning chiqishida aynan o‘sha namuna bo‘ladi, ya‘ni $Y = X^k$, bu yerda Y – to‘rning chiqish vektorlarini qiymati: $Y = \{y_i : i = 0 \dots n-1\}$. Aks holda chiqish vektori hech qaysi namuna bilan mos tushmaydi.

Agar, masalan, signallar birorta tasvirni ifodalasa, u holda to‘rning chiqishida ma‘lumotlarni grafik ko‘rinishida akslantirilgan kartinkani ko‘rish mumkin, namuna bilan to‘liq mos tushadigan (to‘g‘ri yechim, ya‘ni muvaffaqiyatli holatida) yoki “xoxlagancha erkin tasvirlangan kartinkani” (muvaffaqiyatsiz holatida).

To‘rni initsializatsiya qilish bosqichida sinapslarning vazn koeffitsiyentlari quyidagicha o‘rnatiladi:

$$\omega_{ij} = \begin{cases} \sum_{k=0}^{m-1} x_i^k x_j^k, & \text{agar, } i \neq j \\ 0, & \text{agar, } i = j \end{cases}$$

Bu yerda i va j – mos ravishda, sinaptikgacha va sinaptikdan keyingi neyronlarni indeksleri;

Bu yerda i va j – mos ravishda snaptik neyrongacha va snaptik neyrondan keyingi neyrolarning indeksleri; x_i^t , x_j^t , k - chi namuna vektorini i -chi va j -chi elementlari.

To‘rning faoliyat algoritmi quyidagicha (p — iteratsiyani nomeri):

1. To‘rning kirishiga noaniq signal beriladi. Amalda kirish signali aksonlarning qiymatlarini o‘rnatish bilan amalga oshiriladi: $y_i(0) = x_i$, $i = 0, \dots, n-1$ shu boisdan ham to‘rning sxemasida tasvirlangan kirish sinapslari odatda shartli xarakterga ega. Qavs ichida Y_i dan o‘ng tomondagi nol, to‘rning ishlash siklidagi nolinci iteratsiyani bildiradi.

2. Neyronlarning yangi holatlari hisoblanadi $s_j(p+1) \sum_{i=0}^{n-1} \omega_{ij} y_i(p)$, $j = 0, \dots, n-1$ va aksonlarning yangi qiymatlari $y_j(p+1) = f[s_j(p+1)]$ bu yerda f – sakrash ko‘rinishidagi faollashtirish funksiyasi.

3. Tekshirish, oxirgi iteratsiyada aksonlarning chiqish qiymatlari o‘zgardimi yuqmi. Agar xa bo‘lsa 2 bandga o‘tiladi, aks holda (agar chiqishlar stabillashgan bo‘lsa) – protsedura yakunlanadi. Bunda chiqish vektori kirish ma’lumotlari bilan juda yaxshi kelishilgan namunani tasvirlaydi.

Yuqorida aytilganidek, ayrim hollarda to‘r namunalarini anglab yetmasligi mumkin va chiqishida mavjud bo‘lmagan namunani berishi mumkin. Bu to‘rning imkoniyatlarini cheklanganlik muammosi bilan bog‘liq. Xopfild to‘ri uchun namunalarini eslash soni m taxminan $0,15n$ miqdordan oshib ketmasligi zarur. Bundan tashqari, agar ikkita namuna A va B bir biriga juda o‘xshash bo‘lsa, to‘rning chiqishida bir biri bilan kesishadigan assotsiativ holat bo‘lishi mumkin, ya’ni A namuna chiqida B deb yoki B namuna chiqishda A deb tasvirlanishi mumkin.

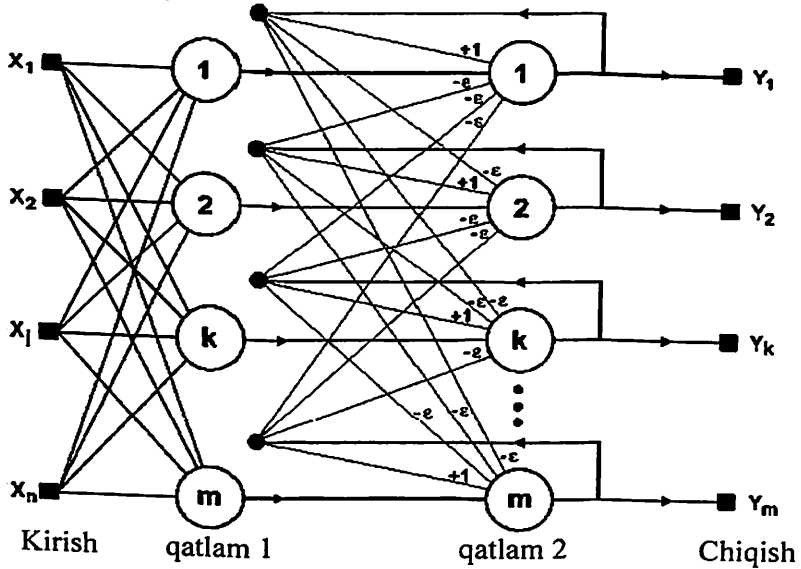
2.10. Xemming neyron to'ri

To'r namunani ochiq oydin ko'rinishda berishini zarurati bo'lmagan taqdirda Xemming to'ri assotsiativ xotirani juda yaxshi amalga oshiradi. Bu to'r Xopfild to'ri bilan solishtirilganda xotiradan foydalanishni iqtisod qilish va hisoblashlar hajmining kamayishi bilan xarakterlanadi, bu to'rning strukturasi ochiq oydin ko'rib turibdi (2.24-rasm) [23,27,35,37].

To'r ikki qatlamdan tashkil topgan. Birinchi va ikkinchi qatlam har biri m ta neyronidan iborat, bu yerda m – namunalar soni. Birinchi qatlamning neyronlari n tadan sinapsga ega, to'rning kirishi bilan bog'langan (bular fiktiv nolinch qatlamni tashkil qiladi). Ikkinchi qatlamning neyronlari ingibitor (teskari manfiy bog'lanish) tipidagi sinaptik bog'lanishlar bilan o'zaro bog'langan. Musbat tekari aloqali bittagina sinaps har bir neyron uchun uning aksioni bilan bog'langan

To'rning ishlash g'oyasi testlanayotgan namunadan barcha namunalar gacha bo'lgan Xemming masofani topidan iborat. Xemming masofasi deb ikkita binar vektorning bir biridan bitlar bilan farqlanadigan soniga aytiladi. To'r namunani shunday tanlashi kerakki namunadan noma'lum kirish signaligacha bo'lgan Xemming masofasi minimal bo'lsin, natijada to'rning bittagina chiqishi faollashadi, ya'nu aynan shu namunaga mos kelgan.

Teskari aloqa



2.24-Rasm. Xemmingning neyronnaya to'ri

Birinchi qatlamdagi vazn koeffitsiyentlarini initsializatsiya qilish bosqichida va faollashtirish funksiyasining sathiga quyidagi qiymatlar beriladi:

$$\omega_{ik} = \frac{x_i^t}{2}, \quad i = 0, \dots, n-1, \quad k = 0, \dots, m-1$$

$$T_k = \frac{n}{2}, \quad k = 0, \dots, m-1.$$

Bu yerda x_i^t k – chi namunani i – chi elementi.

Ikkinchi qatlamda tormozlashtiradigan sinapslarning vazn koeffitsiyentlari birorta miqdorga teng qilib olinadi, ya'ni $0 < \epsilon < 1/m$. O'zining aksioni bilan bog'langan neyronning sinapsini vazni $+1$ bo'ladi.

Xemming to'ri faoliyat qilish algoritmi quyidagicha:

1. To'ring kirishiga noma'lum vektor $X = \{x_i | i = 0, \dots, n\}$ beriladi, buning natijasida birinchi qatlamdagi neyronlarning holati hisoblanadi (qavsdagi yuqori indeks qatlamni nomerini ko'rsatadi)

$$y_j^{(1)} = s_j^{(1)} = \sum_{i=0}^{n-1} \omega_{ij} x_i + T_j, \quad j = 0, \dots, m-1$$

Bundan keyin olingan natijalar bilan ikkinchi qatlamdagi aksonlarning qiymatlari initsializatsiya qilinadi:

$$y_j^{(2)} = y_j^1 \quad j=0, \dots, m-1.$$

2. Ikkinchi qatlamdagi neyronlarning yangi holati hisoblanadi:

$$s_j^2(p+1) = y_j(p) - \varepsilon \sum_{k=0}^{m-1} y_k^{(2)}, \quad k \neq j, \\ j = 0, \dots, m-1$$

va aksonlarning yangi qiymatlari

$$s_j^2(p+1) = f[s_j^2(p+1)], \quad j = 0, \dots, m-1$$

Faollashtirish funksiyasi f ning satxi, F ning miqdori yetarlicha katta bo'lishi zarur, chunki argumentning har qanday mumkin bo'lgan qiymatlari to'yinishga olib kelmasligi kerak.

3. Tekshirish, oxirgi iteratsiyada ikkinchi qatlamdagi neyronlarning chiqishlarida o'zgarish bo'ldimi. Agar xa bo'lsa 2 bandga o'tiladi, aks holda (agar chiqishlar stabillashgan bo'lsa) – protsedura yakunlanadi.

Algoritmni taxlil qilish natijasida ko'rinib turibdiki birinchi qatlamning roli biroz shartli: birinchi qadamda birinchi qatlamning vazn koeffitsiyentlaridan bir marta foydalanadi, undan keyingi qadamlarda unga murojaat qilmaydi, shu boisdan ham birinchi qatlamni to'rdan umuman olib tashlasa ham bo'ladi.

Turg'unlik. Xuddi boshqa to'rlardagi kabi, bu to'rdagi qatlamlar orasidagi vaznlar matritsa W ko'rinishida qaralishi mumkin. Teskari aloqali to'r turg'un hisoblanadi, agar uning matritsasi simmetrik va asosiy dioganali nullardan iborat bo'lsa, ya'ni $W_{ij} = W_{ji}$ va $W_{ii} = 0$.

Bunday to'rning turg'unligi matematik metodlar yordamida isbotlanishi mumkin. Aytaylik, shunday funksiya topilganki, to'rning holatini o'zgarishiga qarab doimo kamayib boradi. Biror vaqtdan keyin funksiya minimumga qiymatga yetishi va keyinchalik funksiya o'z qiymatini o'zgartirmasligini, natijada to'rning turg'unligini kafolatlaydi. Bunday funksiya Lyapunov funksiyasi deb nomlanadi, qaralayotgan teskari aloqali to'r uchun bu funksiya quyidagicha kiritilishi mumkin:

$$E = -\frac{1}{2} \sum_i \sum_j w_{ij} OUT_i OUT_j - \sum_j I_j OUT_j + \sum_j T_j OUT_j,$$

$$\delta E = j \left[\sum_{i \neq j} (w_{ij} OUT_i) + I_j - T_j \right] \delta OUT_j = -[NET_j - T_j] \delta OUT_j, ph(S, S_0)$$

bu yerda E — to‘rning sun‘iy energiyasi;
 w_{ij} — i -chi neyronni chiqishidan j neyronni kirishiga berilayotgan

vazn;

OUT_j — j -chi neyronni chiqishi;

I_j — j -chi neyronni tashqi kirishi;

T_j — j -chi neyronni satxi.

Energiya YE ning o‘zgarishi, j -chi neyronni holatini o‘zgarishiga mos bo‘ladigan miqdor quyidagicha bo‘ladi

$$\delta E = j \left[\sum_{i \neq j} (w_{ij} OUT_i) + I_j - T_j \right] \delta OUT_j = -[NET_j - T_j] \delta OUT_j,$$

bu yerda δOUT_j - j -chi neyronni chiqishidagi o‘zgarish.

Aytaylik, j -chi neyronni NET qiymati staxning qiymatidan katta. U holda qavs ichidagi ifodani qiymati musbat bo‘ladi, mazkur tenglamaga binoan, j -chi neyronni chiqishi musbat tomonga o‘zgarishi zarur (yoki o‘zgarishsiz qolishi kerak). Bu shundan dalolat beradiki, δOUT_j faqat musbat yoki nol bo‘lishi mumkin va δE manfiy bo‘lishi zarur. Demak, to‘rning energiyasi yoki kamayoishi, yoki o‘zgarmasdan qolishi zarur.

Endi, aytaylik, NET ning qiymati satx dan kichik. Unda δOUT_j ning miqdori faqat manfiy yoki nol bo‘lishi mumkin. Demak, bu holda ham to‘rning energiyasi kamayishi yoki o‘zgarmay qolishi zarur.

Yakuniy holatda, NET ni qiymati satxni qiymatiga teng, unda δOUT_j ning qiymati nol va energiya o‘zgarmay qoladi.

Ko‘rib chiqdikki, neyronning holatini har qanday o‘zgarishi to‘rning energiyasini yoki ko‘paytiradi, yoki o‘zgartirmaydi, bunday ketma-ket to‘rning energiyasini kamaytirishga bo‘lgan intilishlar oxir oqibatda minimumga erishishi zarur va energiyani o‘zgarishi to‘xtaydi. Faoliyatiga ko‘ra bunday to‘rlar to‘rg‘un hisoblanadi.

Sistemaning turg'unligi uchun to'rni matritsasini simmetrikligi yetarli hisoblanadi, biroq zaruriy shart deb hisoblanmaydi. Juda ko'p turg'un sistemalar mavjud (masalan, to'g'ri harakatdagi barcha to'rlar), ular yuqoridagi shartni qanoatlantirmaydi. Shunday misollarni keltirish mumkin, ularda simmetriyani ozgina miqdorga o'zgartirish to'xtovsiz ossillyatsiyalarga olib keladi. Biroq taxminiy simmetriklik odatda sistemani turg'unligi uchun yetarli.

2.11. Avtoassotsiativ to'rlar

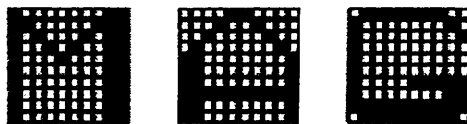
Assotsiativ xotira va obrazlarni anglash masalasi [23,27,35,37]. Xopfile to'rining neyronlarining holatlarini ketma-ket o'zgarish jarayenini dinamikasi birorta statsionar holatga borib to'xtaydi, bu holat energetik funksiyaning $E(S)$ lokal minimumi bo'lishi mumkin. Dinamik jarayenda energiyaning o'smasligi birorta S lokal minimumni tanlashga olib keladi, ya'ni basseynning tortishiga boshlang'ich holat kelib tushadi (to'rga berilayotgan dastlabki namuna) S_0 . Bunday holatni sistemani funksiyaning S minimum kosasidagi holat deb ham atashadi.

To'rning ketma-ketilik dinamikasida statsionar holat sifatida shunday bir S namunani tanlash kerakki, u alohida neyronlarning holatini o'zgartirish sonini minimallashtirishni talab qilsin. Ma'lumki ikkita ikkilik sistemasidagi vektorlar uchun bitta vektorni ikkinchi vektor holatiga o'tkazish uchun komponentalarini o'zgartirishning minimum soni Xemming masofasi $ph(S, S_0)$ hisoblanadi, u holda xulosa qilish mumkinki, to'rning dinamikasi Xemming bo'yicha energiyaning yaqin lokal minimumida to'xtaydi.

Aytaylik S ning holati xotiraning ideal namunasiga mos keladi. U holda S ning S_0 holatdan ikkinchi S holatga o'tishini S namunaning buzilgan (shovqinli, buzilgan yoki to'liq bo'lmagan) S_0 nusxasini ketma-ket ideal nusxagacha qayta tiklash protsedurasi bilan solishtirish mumkin. Bunday xossalari xotirani axborotlarni o'qish jarayeni assotsiativ xotira hisoblanadi. Namunaning buzilgan qismlarini izlash va ideal namuna bo'yicha uni qayta tiklash ular orasidagi assotsiativ bog'lanishlar orqali amalga oshiriladi.

Xopfiled to‘rining assotsiativ xarakterli xotirasi odatdagi adresli, kompyuterli xotiradan sifat jihatdan farq qiladi. Kompyuterda kerakli axborotni chiqarib olish boshlang‘ich nuqtadagi adresi bo‘yicha bajariladi (xotira yacheykasi). Adresni yo‘qotish (yoki adresdagi bitta bitni yo‘qotish) bir butun axborot fragmentiga bo‘lgan murojaatni yo‘q qiladi. Assotsiativ xotiradan foydalanilganda esa axborotga bo‘lgan murojaat to‘g‘ridan-to‘g‘ri uning tarkibi bo‘yicha amalga oshadi, ya‘ni qisman buzilgan fragmentlari bo‘yicha. Bu yerda axborotni axborotni bir qismini buzilganligi axborotga bo‘lgan murojaatni katastrofik tarzda cheklamaydi, agar qolgan axborotlar ideal namunani tiklashga yetarlicha bo‘lsa. Namunaning buzilgan, qisman yo‘qolgan, shovqinlangan namunasi bo‘yicha ideal namunani izlash, qayta tiklash masalasi **obrazlarni (namunalarni) anglash** masalasi deb nomlanadi. Bu masalani yechishning ayrim xususiyatlarini Xopfiledning neyron to‘rida misollar bilan namoyish qilamiz, ular to‘rning modelidan foydalangan xolda shaxsiy kompyuter yerdamida amalga oshirilgan.

Qaralayotgkn to‘rning modeli 100 ta neyrondan iborat, 10x10 matritsa bo‘yicha tartiblangan. To‘r Xebbnig qoidasi bo‘yicha o‘qitildi 3 ta ideal namuna bo‘yicha - M, A va G lotin harflarning shriftli ko‘rinishi bo‘yicha (2.25-rasm). Neyron to‘ri o‘qitilgandan keyin neyronlarning dastlabki holati sifatida namunalarning turlicha buzilgan, shovqinlangan namunalari berildi, bular keyinchalik ketma-ketlik dinamikasi yerdamida evolyusiyalanib statsionar holatga intildi.

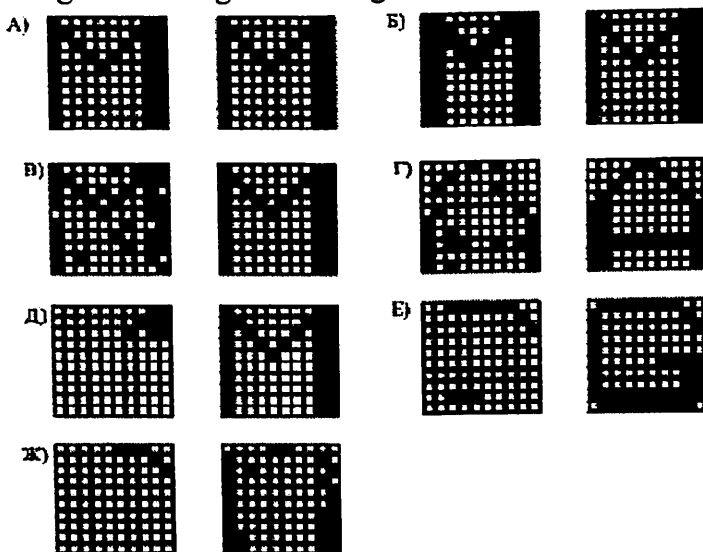


2.25-rasm. M, A, G harflarning namunasi

2.26-Rasmda har bir juftlik uchun, chapdagi namuna boshlang‘ich holat, o‘ngdagisi – to‘rning ishlashi natijasi, to‘rning statsionar holatga o‘tishi natijasida. 2.26 (A) rasmdagi namuna ideal masala ko‘rinishida to‘rning faoiyatini adekvat testlash uchun tanlandi, bunda beriladigan tasvir xotiradagi axborot bilan to‘liq

mos qilib olindi. Bunday holatda bitta qadamda to‘r stasionar holatga o‘tdi. 2.26 (B) rasmdagi namuna shriftning tipiga bog‘liq bo‘lmagan holda tekstdagi harfni anglash masalasini xarakterlaydi. Boshlang‘ich va oxirgi tasvir so‘zsiz bir biriga o‘xshaydi, buni kompyuterga qanday tushuntirish mumkin!

2.26(V,G) rasmdagi topshiriq amaliy ilovalar uchun xarakterli. Neyron to‘rli sistema amaliy jihatdan to‘liq buzilgan, shovqinlashgan namunalarni anglash xususiyatiga ega. 2.26(D, YE) rasmdagiga mos kladigan masala, Xopfield to‘rining juda ajoyib xossasini namoyish etadi: u namunaning qisman fragmentiga asoslanib ideal namunani assotsiativ anglash, bilish xususiyatiga ega. To‘rning faoliyatidagi muhim xususiyatlaridan bittasi yolg‘on namunalarni generatsiya qilishdir. Yolg‘on namunani assotsiatsiyalash misoli 2.26(J) rasmda ko‘rsatilgan. Yolg‘on namuna energiyaning turg‘un lokal ekstremumi hisoblanadi, biroq hech qanday idel namunaga mos kelmaydi. U qandaydir bir ma‘noda jamlangan, yig‘ilgan namuna hisoblanadi, o‘zining ideal qarindoshlarining xarakterli xususiyatlarini meros qilib olgan. Yolg‘on namunali holat insonlar muloqotidagi “Qayerdadir men buni ko‘rganman” degan axborotga ekvivalent.



2.26-Rasm. M, A, G harflarini juftliklari tasviri

Ko‘rib chiqilgan oddiy masalada yolg‘on namuna “noto‘g‘ri” yechim hisoblanadi va boisdan ham zararlidir. Biroq kutish mumkinki, to‘rning umumlashtirishga bo‘lgan bunday yondashuvidan qandaydir bir holatlarda ishlatish mumkindir. Shunisi xarakterliki, foydali axborotlarni hajmini oshirish natijasida (2.26(YE) va (J) rasmlarni solishtiring) dastlabki holat talab qilinayetgan statsionar holatni tortish sohasiga tushadi, va namuna anglanadi, topiladi.

Materialni takrorlash va mustahkamlash uchun savollar

1. Teskari aloqali neyron to‘ri qanday ko‘rinishda?
2. Binarniye sistemalar nima u?
3. To‘rning turg‘unligi nimani anglatadi?
4. Assotsiativ xotira nima?
5. Neyron to‘rlaridan foydalanib assotsiativ xotira qanday amalga oshiriladi?
6. Neyron to‘rlaridan namunalarni anglash masalalarida foydalanish mumkinmi?

III BOB. NEYRON TO‘RLARINI O‘QUV JARAYONIGA QO‘LLASH

3.1. Qo‘yilgan masalaga mos keluvchi neyron tarmog‘ini qurish

Neyrotarmoq texnologiyasi miya faoliyatini modellashtirishga asoslangan, R.Shennonning ta’kidlashicha «modellashtirish bu san’atdir». Har qanday san’at, bu yerda, neyrotarmoq modeli misollarga, tajribaga va umumiy takliflarga, tavsiyalarga tayanadi. Neyron tarmog‘ini qurishni oddiy masalada ko‘rib chiqamiz [63-75]. Aytaylik Valijon va Polvon ikkalasi do‘st. A deb do‘stlar to‘plamini belgilaymiz:

$$A = \{A1, A2\} = \{Valijon, Polvon\}.$$

Valijon va Polvon birgalikda sotuvchilik bilan shug‘ullanadigan “Megado‘kon” magazinlar shaxobchasini yaratishdi, magazinlarni boshqaruvchilar quyidagilar hisoblanadi: Oygul, Roza, Maryam, Raxima va Anaxon. Sotuv shaxobchalari quyidagi firmalarning tovarlarini sotishadi: Ichimlik, sifatli ichimlik mahsulotlarini (har xil ichimlik suvlari, sharbatlari va boshqalar) ishlab chiqaradi. Sabzavot – turli-tuman poliz mahsulotlarini yetishtirishadi. Xo‘jalik – xo‘jalik mollarini, tovarlarini ishlab chiqarishadi.

Belgilash kiritamiz, sotuvchi magazinlar shaxobchalari to‘plami:

$$S = \{S1, S2, S3, S4, S5\} = \{Oygul, Roza, Maryam, Raxima, Anaxon\}.$$

Mahsulot ishlab chiqaruvchi firmalar to‘plami:

$$B = \{B1, B2, B3\} = \{Ichimlik, Sabzavot, Xo‘jalik\}.$$

“Megado‘kon” ning faoliyatini soliq boshqarmasidagi mutaxassis Raximboy nazorat qiladi. Raximboyning iqtisodiy faoliyati “Megado‘kon” ning faoliyati bilan chambarchas bog‘langan, qancha ko‘p tovar mahsulotlari sotilsa u shuncha ko‘p miqdorda soliq boshqarmasiga foyda keltiradi.

Raximboy soliq xodimi juda progressiv mutaxassis, u foydani matematik apparat bilan hisoblashni informatiklar iltimos qiladi. Raximboyning beradigan ma’lumotlari ayrim hollarda buzilgan, noto‘g‘ri ma’lumotlardan iborat, chunki magazin egalari Valijon va

Polvon sotuv natijalarining bir qismini yashirishga harakat qilishadi, Raximboy esa o'zining yashirin, maxfiy agentlari yordamida ma'lumotlarni aniq olishga harakat qiladi. Bundan tashqari sotuv shaxobchalari rahbarlari ham noto'g'ri ma'lumotlar berishadi, soliq boshqarmasi vakilidan ayrim ma'lumotlarni yashirishadi. Demak, Raximboy noaniqlik, ma'lumotlarning ishonchli bo'lmagan holatida ish ko'rishga majbur. Uning maqsadi noaniqliklarni minimallashtirish, va buning evaziga soliq miqdorini ko'paytirishdir.

Demak, biz ko'rayotgan masala juda qiyin rasmiylashtiriladigan masaladir. Raximboyga nima zarur shuni tahlil qilamiz va aniqlaymiz:

- O'zining agentlari yordamida to'plangan ishonchli yoki to'liq bo'lmagan axborotlar asosidagi dastlabki ma'lumotlarni bera turib u shuni hoxlaydiki, iloji boricha eng yuqori aniqlik bilan bu holatni baholashga, aniqlashtirishga harakat qildi va natijada qanday foyda kelishini hisoblashni;

- U hoxlaydiki, dastlabki holatni birorta ishonchlilikka asoslanib berib, foydaning o'rtacha miqdorini aniqlash va o'rnatishga;

- U shunday xulosa chiqarmoqchiki, kelib chiqayotgan nomaqul holatlarning chastotalarini aniqlash, Valijon va Polvonlarning keltiradigan zararlarini sotuv shaxobchalari bo'yicha qayta taqsimlash.

Endi bu masalani abstrakt tafakkur ko'rinishida rasmiylashtiramiz. "Megado'kon" da bo'layotgan holatlar, hodisalarning borishini tahlil qilish natijasida u yerdagi hodisalar bo'yicha yechim qabul qilish holatlarini quyidagicha tavsiflaymiz:

Qabul qilinadigan echimlar to'plami

$$R = \{R1, R2, R3, R4, R5\}.$$

Hodisalar quyidagi ko'rinishdagi ifodalar bilan tavsiflanadi, masalan, $\{A1, B2, S3\}$ yoki $A1 \& B2 \& S3$ ko'rinishida, bu ifodaning mazmuni quyidagicha: Valijon (A1) Maryamning (S3) sotuv shaxobchasiga borishga yo'l oldi, bu paytda sotuv shaxobchasida Sabzovot firmasining (B2) mahsulotlari sotilmoqda edi. Yechimlar chekli to'plamni hosil qiladi. Har bitta yechim aynan shaxsiy xarakterga ega bo'ladi va keyingi holatlar, hodisalarning taktikasini

aniqlaydi, muhim, zaruriy mahsulotlarni, narsalarni sotib olishga ishonchni orttiradi.

Bitta yechim, umuman olganda u bitta emas, hodisalarning kombinatsiyalariga mos keluvchi yechimdir. Bunday kombinatsiyalarni ifodalash uchun quyidagicha yozuvdan foydalanamiz, $A1 \& (B2 \oplus V3) \& (S4 \oplus S5)$. Bu ifodani mazmuni quyidagicha - Valijon (A1) Raximaning (S4) balki Anaxonning (S5) sotuv shaxobchasiga borishga yo'l oldi, bu paytda sotuv shaxobchasida Sabzovot firmasining (B2) yoki Xo'jalik (B3) firmasining mahsulotlari sotilmoqda edi. Biroq, bu yozuv shundan dalolat beradiki uning barcha tashkil etuvchilari $A1 \& B2 \& S4$, $A1 \& B3 \& S5$ konyunksiyadan iborat bo'lib boshqalari ham xuddi shu yechimga olib keladi.

Mumkin bo'lgan barcha holatlarni ko'rib chiqish va tahlil qilish natijasida, bir hil yechim qabul qilishni hisobga olgan holda quyidagi mantiqiy fikrlar, gaplardan iborat ifodalar tizimini hosil qilamiz – neyrotarmoq tizmini qurish bo'yicha masalani rasmiylashtirish asosi bo'lib xizmat qiladigan predikatlarni:

if $A1 \& B1 \& (S1 \oplus S2 \oplus S3 \oplus S4 \oplus S5)$ then $R1$;

if $A1 \& (B2 \oplus B3) \& (S1 \oplus S2 \oplus S3)$ then $R2$;

if $A1 \& (B2 \oplus B3) \& (S4 \oplus S5)$ then $R3$;

if $A2 \& B3 \& (S1 \oplus S2 \oplus S3 \oplus S4 \oplus S5)$ then $R4$;

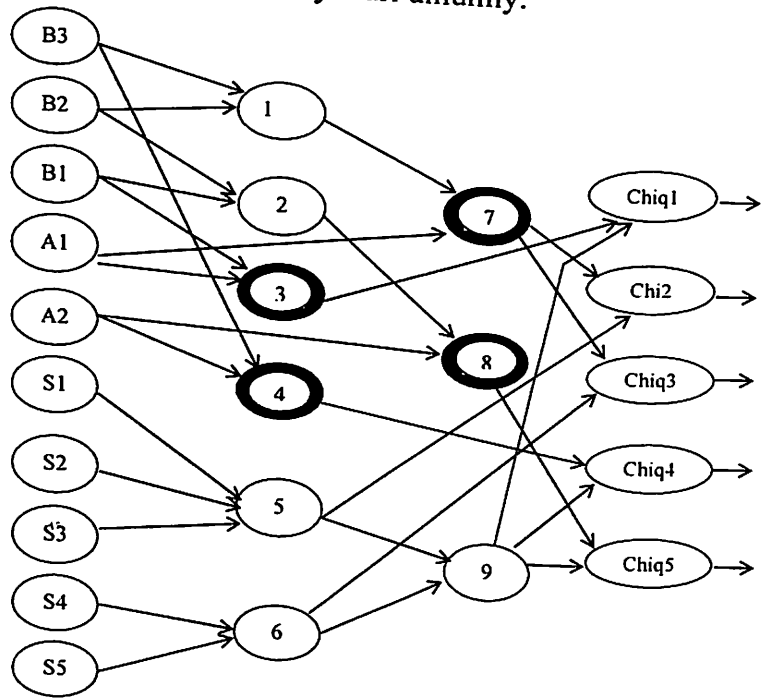
if $A2 \& (B1 \oplus B2) \& (S1 \oplus S2 \oplus S3 \oplus S4 \oplus S5)$ then $R5$.

U holda, masalan, birinchi mantiqiy fikr, gap quyidagini anglatadi:

«Agar Valijon beshta savdo shaxobchasidan birortasiga yo'l olgan bo'lsa va u yerda savdo shaxobchasi Ichimlik firmasining mahsulotlari bilan savdo qilayotgan bo'lsa, u holda $R1$ yechimni qabul qilish zarur (ya'ni chet eldan mahsulot olib kelish uchun shartnoma tuzmoq kerak)».

Ikkinchi mantiqiy fikr quyidagicha: «Agar Valijon $S1$, $S2$, $S3$ savdo shaxobchalaridan birortasiga boradigan bo'lsa va u yerda savdo shaxobchasi Savzavot ($V2$) yoki Xo'jalik ($V3$) firmasining mahsulotlari bilan savdo qilayotgan bo'lsa, u holda $R2$ yechimni qabul qilmoq zarur va hakoza.

Yuqoridagi rasmiylashtirilgan mulohazalarga asoslanib konyunktor va dizyunktorlardan tashkil topgan neyrotarmoq tizimini quramiz. Endi shunday faraz qilamiz (rasm 3.27,3. 28), neyron tarmog'idagi barcha neyronlar bir xil, hammasi bir xil uzatish funksiyasini amalga oshiradi, vaznlar va sathlar teng kuchli bajariladi va ularning imkoniyatlari umumiy.



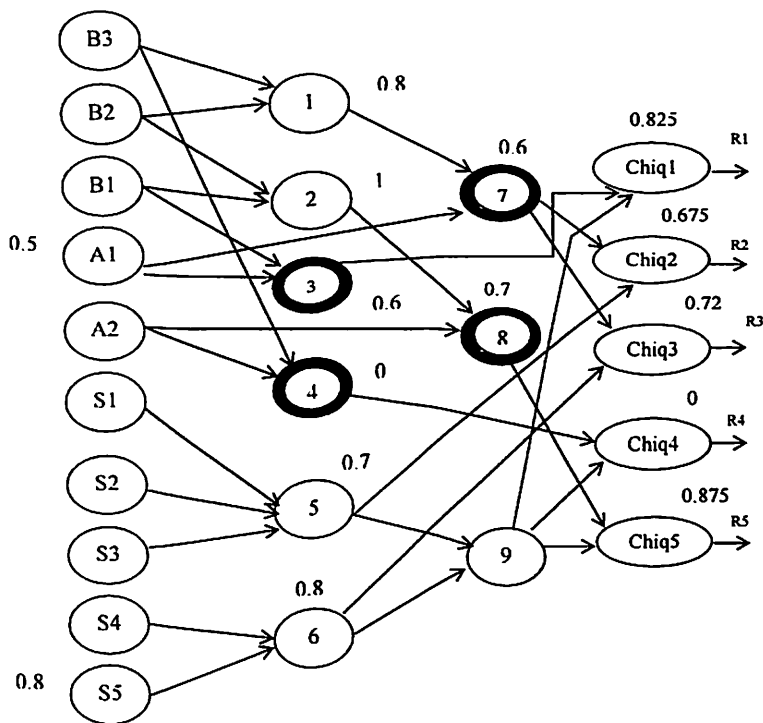
3.27- rasm. Konyunktorli (ajratilgan) va dizyunktorli neyron tarmog'i

Xuddi oldingiday, biroq ta'sir miqdorining qiymati bo'yicha cheklanishsiz uzatish funksiyasini kiritamiz

$$V = \xi \left(\sum_{j=1}^m V_j w_{ij} - h_j \right).$$

Aytaylik $w_{ij} = 0.8$, $A = 0.2$ qiymatlarda rasmiylashtirilgan reyting to'ri 3.28- rasmda ko'rsatilgan.

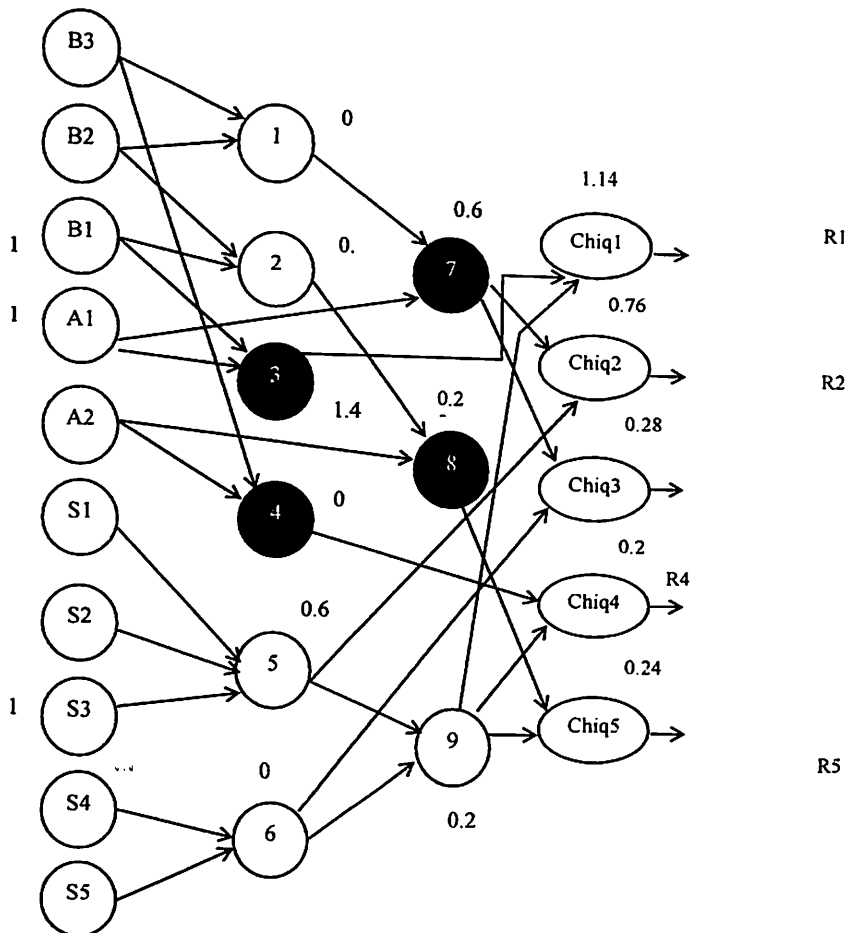
Aytaylik, R1 yechimini talab qiladigan {A1,B2,C3} holatini kirish vektorlariga beraylik. Neyronlarning ta'sirlanish miqdorlari 3.28-rasmda ko'rsatilgan.



3.28. rasm. Ta'sirlantirish qiymatlari hisoblangan neyron tarmog'i

Yaratilgan neyron to'rida hisoblashlar asosida 2 jadvalni hosil qilamiz. Bu jadval, har xil yechimlarni olishi bo'yicha neyron to'rining to'g'ri (!) ishlashini aks ettiradi. Shunday bo'lsada aloqalar, tarix oldi aloqalar (oldingi holatlar) dizyunktorlar bilan aniqlangan bo'lib hech bo'lmaganda bittadan ko'p bo'lgan "vakilni" tekshirishni talab qiladi.

Ko'rilyotgan misolda xuddi junday natija olamiz, agar S3 ni o'rniga S1 ni yoki S2 ni qo'ysak ham.



3.29-rasm. Universal neyronlardan tashkil topgan neyron to‘ri.

Jadval 5.
Qabul qilinayotgan yechimlarni hisoblashga misollar.

Holatlar	Talab qilinadigan yechim	V_{Chiq1}	V_{Chiq2}	V_{Chiq3}	V_{Chiq4}	V_{Chiq5}
{A1,B1,S3}	R1	1.144	0.76	0.28	0.024	0.248
{A1,B2,S2}	R1	0.504	1.144	0.664	0.024	0.248
{A1,B1,S3}	R2	0.504	1.144	0.664	0.504	0.024
{A1,B2,S4}	R3	0.504	0.664	1.144	0.024	0.224

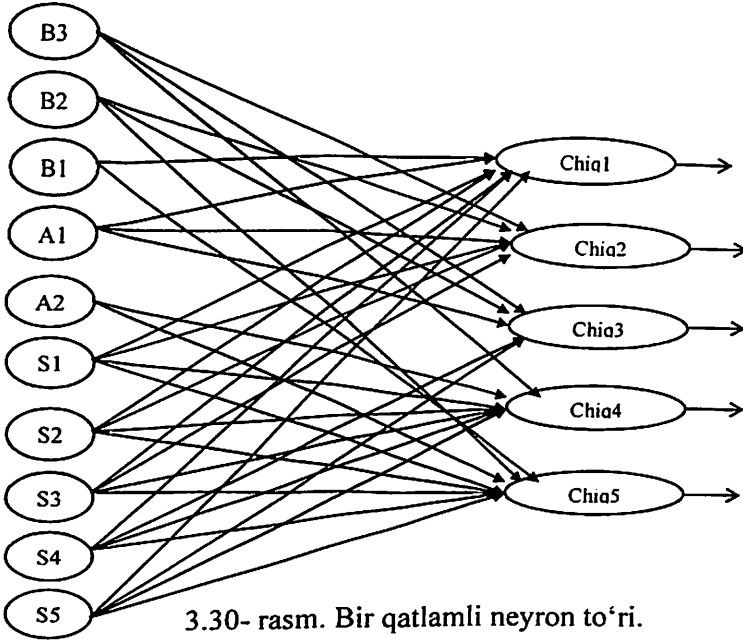
{A1,B3,S5}	R3	0.504	0.664	1.144	0.504	0.024
{A2,B3,S1}	R4	0.024	0.504	0.024	1.144	0.504
{A2,B1,S3}	R5	0.504	0.280	0	0.504	0.888
{A2,B2,S4}	R5	0.024	0.024	0.504	0.504	0.888
$V_{B1} = V_{B2} = 0.8$	?	0.824	0.529	0.593	0.312	1.009
$V_{A1} = V_{A2} = 0.5$						
$V_{S2} = 0.7; V_{S5} = 0.8$						

Jadvalning dastlabki sakkizta qatorini tahlil qilish natijasida, ishonchli holatlarga mos keladigan, ko‘ramizki juda bo‘lmaganda eng katta ta’sirlanish aniq turg‘un aniqlanadi.

Xuddi shu noaniqlik holatni ko‘rib chiqamiz. Bu holat jadvalning oxirgi qatorida aks ettirilgan. Bu holat ko‘rib chiqilgan holatlarning qaysi biriga yaqin shuni qayd qilishimiz lozimki, neyronlarning ta’sirlanish miqdorining kamayishi bo‘yicha chiqish qatlamida olingan natija «sxematexnikaviy» to‘rda olingan natija bilan to‘liq mos tushadi (28- rasm), shunday qilib o‘rtacha foydani miqdori, oldingi topilganga juda yaqin bo‘ladi.

Biroq, jadvaldagi ma’lumotlarga yaqin keluvchi neyron to‘rini qurishning sodda uslubini qo‘llash yaxshi emasmi? Nima bo‘ladi agar har bir holatga mos keluvchi yechimga mos keladigan “berk shakldagi” to‘g‘ridan – to‘g‘ri neyron to‘rini qursak, unda oraliq neyronlar qatlamida kelib chiqadigan murakkab chalkashliklardan chetlashgan bo‘larmidik, hamda maksimal ta’sirlanishni topish va chiqish qatlamidagi ta’sirlarning tarqalishini ko‘plagan variantlarini hisoblamasdan amalga oshirilarmidi?

Juda ko‘p hollarda, amaliyotda xuddi shunday yo‘l tutadilar. Shu boisdan ham bir qatlamli neyron to‘rlari ko‘p tarqalgan. Xuddi shunday bir qatlamli neyron to‘rini bizning misolimiz uchun quramiz (3.30-rasm)



3.30- rasm. Bir qatlamli neyron to'ri.

Misol uchun o'sha uzatish funksiyasini o'sha pramترلari bilan olamiz va xuddi shu misollarni hisoblaymiz, 2 jadvalda aks etgan. Natijada 3-jadvalni hosol qilamiz.

Jadval 6.

Bir qatlamli neyron to'ri bo'yicha yechimlarni hisoblash misollari.

Holatlar	Talab qilinadigan yechim	V_{Chiq1}	V_{Chiq2}	V_{Chiq3}	V_{Chiq4}	V_{Chiq5}
{A1,B1,S3}	R1	2.2	1.4	0.6	0.6	1.4
{A1,B2,S2}	R2	1.4	2.2	1.4	0.6	1.4
{A1,B3,S3}	R2	1.4	2.2	1.4	1.4	0.6
{A1,B2,S4}	R3	1.4	1.4	2.2	0.6	1.4
{A1,B3,S5}	R3	1.4	1.4	2.2	1.4	0.6
{A2,B3,S1}	R4	1.4	1.4	0.6	2.2	1.4
{A2,B1,S3}	R5	1.4	0.6	0	1.4	2.2
{A2,B2,S4}	R5	0.6	0.6	1.4	1.4	2.2
$V_{B1} = V_{B3} = 0.8$	?	2.04	1.4	0.84	1.4	2.68
$V_{A1} = V_{A2} = 0.5$						
$V_{S1} = V_{S5} = 0.8$						

Mazkur neyron to'ri R1 holatning yechimiga e'tiborni qaratishni talab qiladi, chiqish qatlamidagi ta'sirlar miqdorining kamayish tartibi oldingi olingan natijadan farq qilsa ham R2 va R3 yechimlarga bo'lgan afzalliklar ularning o'rinlarini almashtiradi.

Ko'rinib turibdiki, sathni masshtablashtirish ta'sirlar miqdorini boshqarishga imkon yaratadi, hamda agar hohish bo'lsa bu ikkita to'r bo'yicha o'xshash natijalarga erishish mumkin.

3.2. Neyron to'rini rasmiylashtirish

Har qanday neyron to'ring (tarmoqning) ishlashini testlash, taktilashtirish, turli boshqarish sistemalari uchun xarakterli jarayon hisoblanadi. Bu bilan tizimning holati diskret vaqt momentlarida kuzatib boriladi, unda takt bo'yicha surilishli harakat qilish aniqlanadi, unda kirish qatlamidan chiqish qatlamiga qarab ta'sirlantirish (qo'zg'atish) to'lqinini harakati o'rganiladi. Ta'sirlantiruvchi (qo'zg'atuvchi) to'lqinlar ketma-ketligi sistematik, hisoblash sxemasini imitatsiya qiladi, ya'ni, bitta taktida kirish qatlamidagi ta'sirlar konfiguratsiyasiga mos ravishda kadrlarni qayta ishlashni parallel konveyerlar usulida olib borish.

Amaliyotda perseptron tipdagi ko'p qatlamli neyron to'rlari keng o'rganilmoqda, bunda teskari bog'lashishlar mavjud emas va neyronlar orasida mavjud bo'lgan bog'lanishlar faqat qo'shni qatlamlar orasida mavjud, qatlam oralab bog'lanish yo'q. Bu yerda biz teskari bog'lanishlarni ko'rib chiqmaymiz, ular to'g'risida mulohaza yuritmaymiz (vaqtincha), biroq neyron to'ring qatlamlashganligiga bo'lgan cheklanishni olib tashlaymiz. Bu esa neyron to'rlariga bo'lgan ancha umumlashgan yondashuvni ta'minlaydi. Aynan shunday neyron to'ri, "qatlamlar orqali" bog'lanishga yo'l qo'yadigan, yuqorida keltirilgan misolda keltirilgan edi. Bunday neyron to'rlarini qayta qurish ancha soddalashdi.

Neyron to'rini, uning strukturasi va dinamikasini ta'sirlarning o'tishini tahlil qilish bilan statik o'rganish mumkin. Neyron to'rlarini statik o'rganish shuni ko'rsatadiki, ya'ni u konturlar mavjud bo'lmagan yo'naluvchi grafni G tavsiflaydi. Grafning tugunlari neyronlarni ifodalaydi, yo'ylar esa sinaptik bog'lanishlarni.

Rasmiylashtirilgan izlanishlar va kompyuterlashgan algoritmlar uchun graf ko‘rinishdagi neyron to‘ri juda yaroqsiz hisoblanadi. Neyron to‘ri matritsa ko‘rinishida akslantirilgan turidan foydalanish juda qulay. Bunday usul bilan neyron to‘rini strukturasi, konfiguratsiyasini, grafning topologiyasini, xuddi shunday uning sinaptik bog‘lanishlarining sonli xarakteristikalarini ifodalash, tasavvur etish imkoniyatlari mavjud [63,64,65,72,73].

Izidan borish matritsasini S quramiz (3.31- rasm), satrlar soni (ustunlar ham) to‘rdagi neyronlar soniga teng, kirsh va chiqish qatlamidagi neyronlar soniga. Har bir satr (xuddi shu nomerli ustun ham) bitta neyronga mos keladi. Neyronlar ketma-ketligini tartibini qulay o‘rnatish uchun iz matritsasini diogonal elementlari qora bilan belgilanadi.

B3																																							0		
B2																																									0
B1																																									1
A1																																									1
A2																																									0
S1																																									0
S2																																									0
S3																																									1
S4																																									0
S5	...																																							0	
1	.8	.8																																						0	
2		.8	.8																																					0.6	
3			.8	.8																																					1.4
4	.8				.8																																			0	
5					.8	.8	.8																																	0.6	
6								.8	.8																															0	
7				.8						.8																															0.6
8				.8						.8																															0.28
9																			.8	.8																				0.28	
Chik1																	.8					.8																		1.144	
Chik2																			.8	.8																					0.76
Chik3																				.8	.8																				0.28
Chik4																	.8				.8																				0.24
Chik5																					.8	.8																		0.24	

3.31-rasm. Bir qatlamli neyron to‘ri uchun iz (kuzatish) matritsasi

Bu matritsani elementlarining (ij) - mohiyati, w_{ij} vaznli $j \rightarrow i$ sinaptik bog'lanishli bo'sh obyekt emas, agar bunday bog'lanish mavjud bo'lsa. Yana shuni ta'kidlash o'rinliki, S matritsaning elementlarini bul o'zgaruvchilari ko'rinishida talqin etish mumkin, agar ko'rsatilgan vaznning nul bo'lmagan qiymatida, ya'ni 1 ga teng holatlarida. Bunday ifodalash S matritsani satrlari va ustunlari ustida mantiqiy amallarni bajarishga ruxsat beradi. Bu matritsani iz matritsasiga o'xshatib qarash mumkin, uni tavsiflashda qisman tartiblangan ishlar to'plamidan foydalangan holda parallel dasturlashtirishda, hisoblashlarda.

S matritsasini statik rejimda o'rganish mumkin, ta'sirlarning mumkin bo'lgan o'tish yo'llarini o'rganish va tuzatishlar kiritish bilan. Bu matritsa bo'yicha dinamik rejimda (modellashtirish rejimida) tavsiflarning haqiqiy o'tish yo'llarini o'rganish mumkin. Bunday izlanishlar neyronlarni qo'zg'atuvchi, ta'sirlantiruvchi miqdorlarni taktlar bo'yicha hisoblashlar bilan bog'langan.

Nolinchi satr (kirishlar) S matritsaning kirish qatlami neyronlarga mos keladi - bular retseptorlardir, nolinchi ustunlar (chiqishlar) - chiqish qatlami neyronlaridir.

Neyronlar uzunligi m ga teng statik zanjirni $\alpha_1 \rightarrow \alpha_2 \rightarrow \dots \rightarrow \alpha_m$ tashkil qiladi, agar $\alpha_k \rightarrow \alpha_{k+1}$ ko'rinishdagi sinaptik bog'lanishlar mavjud bo'lsa (bundan keyingi mulohazalarda "sinaptik" so'zini ishlatmaymiz). Graf G bo'yicha barcha statik zanjirlarni tuza turib, bitta yoki bir qancha maksimal uzunlikdagi statik zanjirni tanlab olish mumkin. Bunday zanjirni kritik ketma-ketlik deb ataymiz. An'anaviy ko'p qatlamli modellarda kritik zanjirning uzunligi to'ring soniga teng bo'ladi.

Aytaylik $i \rightarrow j \rightarrow k$ statik zanjir bo'yicha $i \rightarrow k$ bevosita bog'lanishining mavjud emasligini aniqladik, ya'ni S matritsaning k - chi qator bilan j - chi ustunning kesishish joyida joylashgan elementi nolga teng. Biroq k neyronning ta'sirlantiruvchi miqdoriga i neyronni ta'sirlantiruvchi miqdorning bilvosita ta'siri mavjud, bu esa $i \rightarrow k$ tranzitiv bog'lanishning mavjudligidan dalolat beradi. Trazitiv bog'lanishlarni aniqlash chiqish qatlamidagi birorta aniqlangan neyronni potensial ta'sirlantiruvchi barcha neyronlarni aniqlashtirishga imkoniyat yaratadi.

Matritsa S ni tranzitiv bog'lanishlar bilan to'ldirish algoritmi. Bu algoritm juda sodda.

Barcha $i = 1, 2, \dots, N$ uchun:

i qatorning elementlarini yangi qiymatlarini rasmiylashtiramiz, buning uchun bu qatorni boshqa qator bilan undagi mos ravishda bo'sh bo'lmagan elementlarini mantiqiy qo'shish amalini bajaramiz. "Yangi" bo'sh bo'lmagan elementlarni, tranzitiv bog'lanishlarni belgilaydigan bo'sh bo'lmagan elementlarga almashtiramiz.

Bizning misolimizda S matritsasi, tranzitiv bog'lanishlar (bo'sh bo'lmagan kataklar) bilan to'ldirilgan, 31- rasmda keltirilgan.

Kirish qatlamidagi birorta R neyronlar to'plamini va chiqish qatlamidagi yagona r neyronni belgilab olamiz. Kirish qatlamidagi neyronlardan tanlab olingan R to'plamdan chiqish qatlamidagi yagona neyronga olib boruvchi yo'llardan (bog'lanishlardan) iborat zanjirlar to'plamini quramiz. Shunday qilib ajratib olingan zanjirlar to'plamini chiqish qatlamidagi yagona qaralayotgan neyronni kirish qatlamidagi R neyronlar to'plami bilan ta'sirlantiruvchi deb ataymiz. Bunday holatni $R \rightarrow r$ deb belgilaymiz.

$R \rightarrow r$ statik ta'sirlantiruvchi algoritmni rasmiylashtirishni quyidagicha tavsiflaymiz:

1. S matritsadan R to'plamiga kirmaydigan neyronlarga mos keluvchi qator va ustunlarni olib tashlaymiz;

2. S matritsadan chiqish qatlamidagi r neyrondan tashqari barcha neyronlarni aks ettiruvchi qator va ustunlarni olib tashlaymiz;

3. r neyron qatordagi nol kataklarni aks ettiruvchi qator va ustunlarni olib tashlaymiz;

4. S matritsadan neyron to'ringing ichki qatlamini aks ettiruvchi neyronlarga mos keluvchi qator va ustunlar olib tashlanadi, shunday holatdagi, agar oldingi qator va ustunlar olib tashlashda bu qatorlar nol elementlarga ega bo'lgan bo'lsa;

5. 4 punktini bajarilishini davom ettiramiz, toki nol elementli qator qolmaguncha.

B1							
A1							
S1							
3	0,8	0,8					
5			0,8				
9					0,8		
Chiq1				0,8		0,8	

3.32-rasm. Ta'sirlantirishni statik yo'li uchun iz (ketma-ketlik) matritsasi.

3.32-Rasmda S matritsasi uchun $[B1, A1, S1 \rightarrow \text{Chiq1}]$ aks ettiruvchi zanjirlar to'plamini, $B1, A1, S1$ kirish qatlami neyronlaridan chiqish qatlami Chiq1 neyroniga boruvchi izlardan (yo'llardan) tashkil topgan, ya'ni ta'sirlantirishning statik yo'li $[B1, A1, S1] \rightarrow \text{Chiq1}$

Endi neyronlarning ta'sirlanish faktorlarini ko'rib chiqamiz va ta'sirlanishning mumkin bo'lgan dinamik yo'llarini tahlil qilamiz.

Ta'sirlanishning m uzunlikdagi $\beta_1 \rightarrow \beta_2 \rightarrow \dots \rightarrow \beta_m$ dinamik zanjiri deb birinchi m neyronlardan tarkib topgan statistik zanjirga aytiladi, ular ta'sirlanish miqdori noldan farq qiladigan xususiyatga ega. Ta'sirlanishning dinamik zanjiri bir jinsli deyiladi, agar uning oxirgi elementi nol miqdordagi ta'sirlanishga ega bo'lsa. Bir jinsli ta'sirlanishning dinamik zanjiri signalning so'nishini xarakterlaydi.

Neyron to'riga birorta obrazni yoki etalonni beramiz natijada kirish qatlamining birorta konfiguratsiyasidagi neyronlari ta'sirlanadi. Bu neyronlar R to'plamni hosil qiladi. Neyron to'ring ta'sirlanishi natijasida chiqish qatlamining birorta neyronlari ta'sirlanadi. Shunday qilib, ta'sirlanishning dinamik yo'li $R \rightarrow r$ shakllanadi, uni ta'sirlanishning statistik yo'l $R \rightarrow r$ tarkibiga kirgan neyronlar hosil qiladi, bir xil neyronlar ta'sirlanmay qolishi ham mumkin..

Umumiy holatlarda ta'sirlanishning statik yo'lini tashkil etuvchi barcha neyronlarning hamasi ham chiqish qatlamining neyronlarini ta'sirlantirish uchun "ishlamaydi", chunki uzatish funksiyasining poroglarini qiymati bilan xarakterlanadigan ta'sirlanishning bir jinsli dinamik zanjiri bo'lishi mumkin.

3.3. Eslab qolish mexanizmini modeli

Tabiatda amalga oshirilgan eslab qolishning bosh mexanizmini quyidagicha tasavvur etish mumkin. Ta'sirlantiruvchi impuls, sinaps orqali o'tishda, uning qarshiligini kamaytiradi va uni "qizdiradi, isitadi", sinapsning vaznini oshiradi. Keyingi taktlarda, etalonni kirish qatlamiga galdagi berishda ta'sirlantiruvchi impuls, juda katta aniqlik bilan mos ravishda obrazni ko'rsatib, ta'sirlantirish yo'lini ishonchli ravishda o'tadi, (aytadilarki: "Bog'lanish amalga oshdi"), foydalanilgan sinapslar esa, "isiyotib", vaznini saqlaydi, hamda vaznini oshirishi ham mumkin [57,61,62,63,64].

Bu yerda Xebbaning ma'lum qoidasi ish beradi: ikkita ta'sirlangan neyronlarni bog'lanishlari sinaptik vazni ortadi.

Shunday usul bilan ayniqsa chiqish qatlamidagi ta'sirlarni maksimallashtirishni lokalizatsiya qilish effektiga erishiladi, balki, qo'shni neyronlarning o'zaro ta'sirlarini yo'q qilish zarurati bo'lishi mumkin.

Ko'rinib turibdiki, sinapslar vaqt o'tishi bilan "sovush" xususiyatiga ega, agar undan foydalanish tasdiqlanmasa. Bunday tasavvur etish bizning xotiramiz xossasiga adekvatdir: ya'ni keraksiz, isbotlanmagan va davriy tarzda ishlatilmaydigan axborotlar o'chirib tashlanadi ("Bog'lanish uziladi"). Xotiradan o'chirish shu darajada bajariladiki uni yangidan o'rganish kerak bo'ladi.

Tasavvur etishning muhim rolini qayd qilamiz: etalonlar kirish qatlamida ancha uzoq vaqtgacha ushlab turiladi, qaytadan tiklanadi yoki modellashtiriladi. Demak, bu yerda epifiz katta ahamiyat kasb etadi, "uchinchi ko'z" - tasavvur etish va mediatsiya organi, xotira va oldindan ko'ra bilish generatori.

Neyron to'rlarini o'qitishning Sun'iy mexanizmlarini yaratishda quyidagicha savollar kelib chiqadi:

- Etalonni esda saqlash uchun, ta'sirlanishning statik yo'lini hosil qiluvchi barcha neyronlarning vaznlarini oshirish kerakmi?
- Ta'sirlanishning statik yo'li zanjiridagi faqat ayrim (tayanch) neyronlarning vaznlarini oshirish kerakmi?
- Ta'sirlanishning dinamik yo'lini hosil qiluvchi faqat ayrim neyronlarning vaznini oshirish kerakmi, chunki yuqorida aytildiki,

o'zini o'zi ta'sirlantirishgina bog'lanish vaznini orttiradi? Agar bunday neyronlar ko'p bo'lsa, qo'shimcha neyronlarni ta'sirlantirish nimaga kerak?

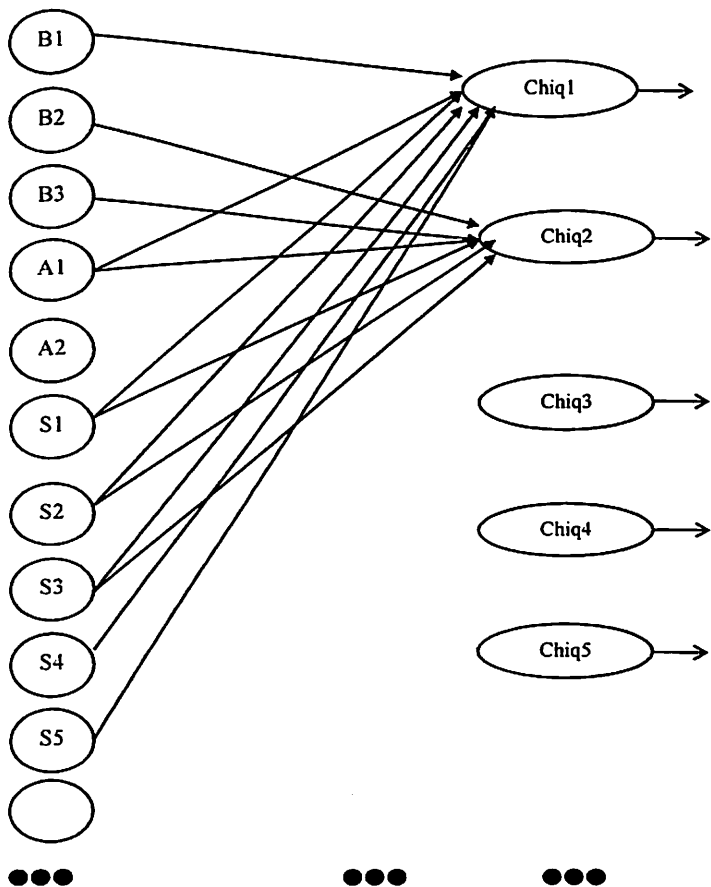
Bundan ko'rinib turibdiki, uchinchi aspekt juda katta darajada o'z o'zini o'qitishga, o'z o'zini sozlashga mos keladi. Bunday darajada bizning miya faolitimizga aralashish taqiqlanadi. Biroq, Sun'iy intellekt sistemasi ancha yaxshi holatda. Chunki u bizning, mutaxassisning nazoratida bo'ladi, "o'qituvchi bilan" o'qitishni amalga oshiradi, tabiiy intellektning kamchiliklariga majburiy tuzatishlar kiritish imkoniyati, hohlagan paytda unga kirishga ruxsat mavjud. Shu boisdan ham, ko'rilgan misolimizda etalondan obrazgacha bo'lgan ta'sirlanishning ajratilgan statik yo'lini tashkil etuvchi neyronlarning sinapsik bog'lanish vaznlarini orttiramiz. Bunday metodni tayanch yo'llar metodi deb ataymiz, chunki u juda ko'p tajribalar o'tkazish jarayonida kelib chiqqan. Xususan, juda ko'p neyronlarning sinapsik vaznlarini orttirish neudachalarga olib keldi, ular asosan har xil etalonlar uchun ta'sirlantirishning dinamik zanjirini korrelyatsiya qilish va neyron to'rining juda tez to'yinishi (bir qator o'qitish algoritmlarining kamchiligi) bilan bog'liq. O'qitish jarayonida juda ko'p etalonlarga ertami yoki kechmi tarmoqning barcha vaznlari o'zining yuqori darajasiga chiqib oladi, va natijada birorta narsani ham farqlay olmay qoladi. Chalkashliklar kelib chiqa boshlaydi xuddi mana bu ifodadagiday "Um za razum zaxodit".

Shunday qilib, biz sxemotexnikadan neyrotexnologiyaga, aniq, aniqlangandan, taqribiy, noaniqliklarga ega texnologiyaga o'tishga erishdik. Haqiqatan ham, "nima mumkin bo'lsa hammasini bajar", "xatolik va sinash" prinsiplariga asoslangan metodlar evolyusiyasi ish bermadi, qobiqga o'ralgan aniq elektron sxemalarni ishlab chiqarishga olib kela olmadi. Ma'lumki tabiatda aniq, absolyut ishonchli axborotning o'zi yo'q. Biroq, umummantiqiy prinsiplar va bog'lanishlar u yoki boshqa texnologiyalar tomonidan qamrab olinishi zarur.

3.4. Tipik neyron to'rlaridan foydalanish

Kompyuterning dasturiy ta'minoti tarkibida foydalanuvchining masalalari uchun moslashgan mexanizmlar bilan ta'minlangan neyron to'rlarining universal modellarini qurish hammamizning ham eng yaxshi istagimizdir. Agar yana ham yaxshi istaklarni bildiradigan bo'lsak, unda kompyuterlar bilan birgalikda ishlaydigan neyrotarmoq (neyrokompyuterlar) tizimining apparat vositalari majmuasini qurish maqsadga muvofiq bo'lar edi. Unda foydalanuvchi o'zining murakkab masalalarini yechishda neyrotarmoq bo'yicha dasturiy va instrumental vositalarni tanlash imkoniyatiga ega bo'ladi. Bunday aparatli amalga oshirilgan neyrotarmoqlar kompyuterlar uchun tashqi qurilmalar yoki pristavkalar sifatida qaraladi, masalan, PLIS – programmalashtirilgan mantiqli integral sxemalardan foydalanishning maxsus yo'nalishini aniqlaydi.

Bir qatlamli neyrotarmoq [27,32,35,41]. Ko'rgazmali bo'lishi uchun neyron tarmog'ini matritsali, qulay algoritmik, hamda grafik tavsiflaridan foydalanamiz.



3.33- Rasm. O‘qitilgandan keyingi bir qatlamli neyron tarmog‘i

“Har kim har kim bilan - kajdiy s kajdim” prinsipi bo‘yicha tuzilgan bir qatlamli neyron tarmog‘i 3.33-rasmda tasvirlangan. Aytaylik yuqoridagi mulohazalarda taklif etilgan uzatish funksiyalaridan foydalanamiz

$$V := \xi \left(\sum_{j=1}^m V_j \omega_{ij} - h_i \right).$$

Bu yerda ω_{ij} ning qiymatini tanlash masalasi turadi, h_i ning qiymatini esa nolga tenglaymiz.

Kirish qatlamidagi 10 ta neyronni dastlabki ma'lumotlarga biriktirib qo'yamiz, chiqishning 5 tasini – yechim uchun. Bu bilan biz bizni qiziqtiradigan nim tarmoqni ajratamiz, u 2.20 rasmda keltirilgan iz (kuzatish) matritsasiga mos keladi.

B1																			
B2																			
B3																			
A1																			
A2																			
S1																			
S2																			
S3																			
S4																			
S5																			
Chiq1	1			1		1	1	1	1	1	1								
Chiq2		1	1	1		1	1	1											
Chiq3		1	1	1						1	1								
Chiq4			1		1	1	1	1	1	1									
Chiq5	1	1			1	1	1	1	1	1									

3.34-Rasm. Bir qatlamli neyron tarmog'i uchun kuzatish (iz) matritsasi

Bu yerda oxirgi ko'rinishi tasvirlangan, chunki boshlanishida barcha bog'lanishlarning vaznlari nolga teng qilib olingan.

R_1 yechimni *Чулк* neyronda rasmiylashtirish uchun, mazkur neyronning B1, A1, S1, S2, S3, S4, S5 neyronlar bilan bog'lanishlar vaznini juda oshirish kerak, ya'ni ta'sirlantirishning tatik yo'lini qurish zarur [B1, A1, S1, S2, S3, S4, S5] → Chik1, va yo'l davomida birorta dissiplina bo'yicha bog'lanishlar vaznini oshirish kerak.

Bizning holatimizda natija ochiq oydin ko'rinib turibdi, shu boisdan e'tiborni umumiy yondashuvga qaratamiz.

Bir tomondan B1, A1, S1, S2, S3, S4, S5 neyronlar orasidagi bog'lanishlar vaznini o'rnatamiz, va ikkinchi tomondan esa Chik1 neyroni bilan, uning vazni 1 ga teng, bu neyronning kirish qatlamidagi boshqa neyronlar bilan bog'lanishlar vaznini nolga teng deb qoldiramiz. Shunday qilib, kirish qatlamidagi boshqa neyronlarning mazkur neyron bilan ta'sirlari taqiqlanadi. Konkret

qo'yilan masala msalani izchil har tomonlama tizimli eksperimental o'rganish natijasida tuzatishlar kiritishni talab qilishi, barcha kirish holatlaridagi o'zaro ta'sirlarni hisobga olishni talab qilishi mumkin.

Chiqish qatlamidagi ajratilgan barcha neyronlar bilan ham xuddi shunday amallarni qilib kuzatish matritsasining oxirgi ko'rinishini hosil qilamiz (34-Rasmga qaralsin). Qurilgan neyron to'ri, 130-rasmda tasvirlangan, "nimmasalaga" mos keluvchi maxsus to'rga to'liq mos keladi. Shunday qilib soliq xodimi Raximboyga qanday neyron tarmog'ini taklif qilgan ma'qul? Judayam murakkab va judayam sodda bo'lmagan, bir tomondan amaliy ishlashga qulay va ikkinchi tomondan foyda keltiradigan bo'lishi kerak.

Ixtiyoriy strukturali neyron tarmog'i. Aytaylik, biz juda "chiroyli" tasvirlangan grafmk sxemalar bankiga egamiz, undan birota sxemani neyrotarmoq strukturasi uchun asos qilib olish mumkin bo'lsin.

Bizga ma'qul kelgan grafik sxemani neyron tarmog'i sifatida interpretatsiya qilamiz, uni uzatish funksiyalari bilan to'ldiramiz va soliq xodimi Raximboy qo'ygan masalani yechishga o'rgatamiz.

Aytaylik biz tanlagan neyron tarmog'i 12 ta kirish (bu juda yetarli), 5 ta chiqishga ega bo'lib o'sha o'rnatilgan uzatish funksiyalarini vazn $\omega_{ij} = 0$ va sathning $h = 0$ boshlang'ich qiymatlarida amalga oshiradi.

Biroq to'r o'zini o'qitishni qiyinlashtiradigan maxsus xususiyatli topologiyaga ega. To'r ko'p qatlamli, bu esa "qatlam oshib" bog'lanishni taqiqlaydi, masalan, 3.32- rasmdagi to'rda mavjud bo'lgan va "nimmasala" uchun qurilgan neyron tarmog'idagiday.

Oldingi foydalanilgan "sxemateknikaviy" yondashuv metodini kengaytiradigan, to'ldiradigan tayanch yo'llar metodidan foydalanamiz. Uni quyidagi sxema bilan tasavvur etish mumkin

sxemateknikaviy rasm \rightarrow 27- rasm \rightarrow 29- rasm \rightarrow 31- rasm.

Metodning mohiyati – neyron tarmog'ini tugallangan funksional qurilma ko'rinishiga olib keluvchi bog'lanishlarni trassirovka qilish, ba'zi bir aloqalarga yuqori vaznlarni o'rnatish. Neyron to'rini bunday trassirovka qilishda uni o'qitish to'liq ma'noda etalonlarda amalga oshiriladi, masalan, hodisaning mavjud emasligi (0) yoki

uning bajarilishi (1). Neyron to'ri o'qitilgandan keyin axborotlar ishonchli yoki to'liq bo'lmagan sharoitda ham to'g'ri yechimga yaqin natijani berishi zarur, yani u yoki bu hodisaning kutilish (bajarilish) ehtimoligiga mos ravishda.

Demak, trassirovkani muvaffaqiyatli, ko'rgazmali va sodda hisoblaydigan masalani keskin yechishimiz zarur: qaysi vaznlarni nol deb, qaysilarini esa birga teng deymiz? Barcha boshqa imkoniyatlari, masalan, $min_{ij} w_{ij} = 0,1$, sathni kirish $h=0,5$ va hakoza, to'ring bir maromda tekis ishlashini, bir holatdan ikkinchi holatga uzliksiz o'tishini ta'minlaydi.

Kombinatorika va evristika prinsiplarini qo'llagan holda neyron tarmog'ini (35-rasm) trassirovka qilamiz. Rasmda ko'rgazmali tarzda ifodalangan, qanday neyron tarmog'i tasvirlangan edi, u qanchalik "qo'pol", aytaylik, bir qatlamli neyron to'riga nisbatan.

Endi trassirovkaning rasmiylashtirilgan algoritmini ko'rib chiqamiz. Biroq buni tushunib yetish va sozlash uchun o'zimizning harakatlarimizni tahlil qilishimiz zarur va quyidagi xulosalarga kelishimiz kerak.

1. Bizning maqsadimiz doimo beshta holat kombinatsiyasini eslagan holda neyron to'rini qatlamlar ketma-ketligida o'rganib chiqdik, har bir kombinatsiya chiqish qatlamidagi birorta neyronni ta'sirlantirishi kerak edi. Chunki yechim bu neyronlarga qattiq bog'lab qo'yilgan edi.

2. Har bir qatlamda biz xususiy term-kombinatsiyalarini yig'dik, oldingi qatlamdagi termlar ichidan mumkin bo'lganlarini tanlab olib keyinchalik foydalanish mumkinligini tushundik.

3. Vaqtincha konstruksiyalarni qurish paytida ishlatilmayotgan termlarni, bir-biridan uzoqligini hisobga olgan holda, tahlil qilinayotgan qatlamda hech qanday o'zgarishsiz eslab qoldik, ularni mumkin bo'lgan keyingi birlashish yo'nalishiga "tortishga" harakat qildik.

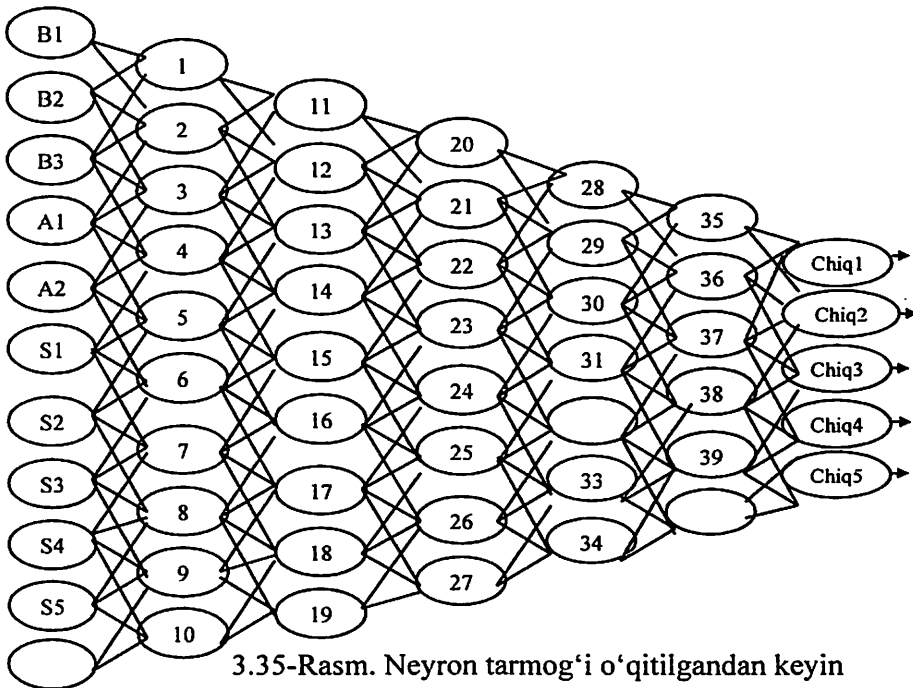
4. Biz termlarni tarmoqning "ko'ndalang" kesimi bo'yicha "tortmaslikga" harakat qildik. Aks holda muammo kelib chiqishi mumkin edi – alaqachon ramiylashtirilgan termlarning kesilishidan va buzilishidan qanday qutilish mumkin edi. Bularning hammasi chiqish qatlamidagi neyronlarni uzoq muddatga yechimlarga

mahkamlab qo‘ymaslikga undadi, oxir oqibatda bu yechimlarning tabiiy tarzdagi ketma-ketligini buzilishiga olib kelishi mumkin edi.

5. Trassirovka masalasini avtomatlashtirish uchun neyron to‘rini faqat matritsa ko‘rinishida, kompyuterda ifodalashning qulay varianti, tavsiflash zarur.

6. Neyron to‘rini trassirovka etishni aks ettiradigan kuzatish matritsasi 21-rasm asosida olinadi, agar unda nol vaznli elementlarni mos ravishda “nozik” chiziqlar bilan belgilaymiz, vaznlari birga teng elementlarni mos ravishda “qalin” chiziqlar bilan belgilaymiz.

7. 2.22- rasmda R1 yechimga olib keladigan ta’sirlanishning dinamik yo‘li aks ettirilgan. U 3-paragrafda keltirilgan algoritim bo‘yicha quriladi. Bizning holatimizda ta’sirlantirishning dinamik yo‘li bilan statik yo‘li mos tushadi. Umumiy holatda ta’sirlantirishning statik yo‘lidan kuzatish matritsasining nul elementli qatoriga mos keluvchi neyronlarni chiqarib tashlash zarur. Boshqa yechimga olib keluvchi ta’sirlantirishning dinamik yo‘li ham xuddi shunday olinadi.



3.35-Rasm. Neyron tarmog‘i o‘qitilgandan keyin

3.5. Neyrotarmoq energetikasi

Ta'sirlangan neyronning energiyasi u bilan bog'liq bo'lgan neyronlarga qanday ta'sir ko'rsatishini tahlil qilishga urinib, biz qayta qayta quyidagi xulosaga kelamiz, ya'ni ta'sirlantirish energiyasi "qabul qiladigan" neyronlarning sinapslarini qarshiliklariga teskari proporsional tarzda tarqaladi [27,32,41].

Biroq bizning harakatlarimiz energiyaning tarqalish prinsipiga qaratilishi kerak, hisobotlarni qiyinlashtirilishiga qaramasdan.

Neyron to'ri qisman o'qitilgandan keyin keyingi o'qitishni (boshqa etalonlarni namoyish qilish) tashkil qilish uchun vaznlarning o'zgarishi energiyaning qayta taqsimlanishiga va, energiyaning ta'sirlanishning allaqachon shakllangan dinamik yo'lidan boshqa tomonga oqib ketishiga olib keladi. Chiqish qatlamidagi aniq biorta neyron nuqtai nazaridan "tarqaladigan-sochiladigan" energiya ta'sirlantirishning "begona" yo'lidan tarqalishga intiladi, va bunday sharoitda energiyaning zaruriy darajasini saqlab turish uchun ta'sirlantirishning kerakli yo'lini stahlar energiya yordamida kompensatsiyalashga to'g'ri keladi.

Eng yaxshisi bu yerda neyron to'rlarini qurishning ma'lum bo'lgan ananasi qiziqish uyg'otadi, qachonki neyronning chiqishidagi ta'sirlanish o'zgarmagan holda boshqa neyronlarning kirishiga keladi, ular o'rtasida taqsimlanmasdan.

Neyron to'rlarini dasturiy nuqtai nazardan amalga oshirishni hisobga olib, ananaviy prinsiplardan chetlashmagan holda, "fizikaviy" yondashuvlardan emas balki axborotli yondashuvdan foydalanamiz.

Birorta konkret xulosa qilish uchun foydalanilgan "tayyor" to'rdagi (36-rasm) trassirovkada qatnashmagan neyronlarning (ya'ni dastlabki vaznlari nolga teng bo'lgan), bog'lanishlar vaznini orttirib energiya tarqalishining bir variantini hisoblaymiz. Ularni 0,5 ga teng deb qabul qilamiz.

R2 yechimni talab qiluvchi $\{A1,B2,C3\}$ etalonni ko'rib chiqamiz va to'rni hisoblaymiz.

$$V_1 = 1 * \frac{1}{2} = 0,4;$$

$$V_2 = 1 * \frac{0,5}{2,5} * 0,5 + 1 * \frac{1}{3} = 0,43;$$

$$V_3 = 1 * \frac{1}{2,5} + 1 * \frac{1}{3} = 0,73;$$

$$V_{12} = V_1 * \frac{0,5}{1,5} * 0,5 + V_2 * \frac{1}{2} + V_3 * \frac{0,5}{2,5} * 0,5 = 0,355;$$

$$V_{13} = V_1 * \frac{1}{1,5} + V_2 * \frac{0,5}{2} * 0,5 + V_3 * \frac{0,5}{2,5} * 0,5 + V_4 * \frac{0,5}{2,5} * 0,5 = 0,4;$$

va hakoza.

3.6. Neyron to‘rlari asosida yechiladigan masalalar

Adabiyotlarda Sun‘iy neyron to‘rlarini qo‘llashni asoslash va uning yordamida qo‘yilgan malalarni yechish uchun masala juda ko‘plagan belgilarni tavsiflash zarurligi uchraydi [27,35]:

- Algoritmning yo‘qligi yoki masalani yechish prinsiplarining noaniqligi, biroq juda ko‘p misollar to‘plangan;

- Bu yerdan muammo juda katta hajmdagi axborotlar bilan xarakterlanadi;

- Ma‘lumotlar to‘liq emas yoki keragidan ham ortiq, shovqinlangan, qisman bir-biriga qarama-qarshi.

Shunda yqilib, neyron to‘rlari obrazlarni anglash va klassifikatsiya masalalarini yechish, optimallashtirish va bashoratlash masalalari uchun juda mos keladi. Quyida neyron to‘rlarini qo‘llashning mumkin bo‘lgan sohalari keltirilgan, ularda neyron texnologiyasiga asoslangan mahsulotlar ishlab chiqilgan, yoki namoyish qilinadigan prototiplari amalga oshirilmoqda.

1. Banklar va straxovaniya kompaniyalari:

- Moliyaviy hujjatlarni va cheklarni avtomatik o‘qiydigan;
- Imzolarning haqiqiylikini tekshiradigan;
- Zayomlar uchun tavakkalchilikni baholash;
- Iqtisodiy ko‘rsatkichlarning o‘zgarishini bashoratlash.

2. Xizmat ko‘rsatishni administratsiyalashtirish:

- Hujjatlarni avtomatik tarzda o'qish;
 - Shtrix kodlarini avtomatik tarzda anglab yetish.
3. Neft va ximiya sanoati:
- Geologik axborotlarni tahlil qilish;
 - Oborudovaniyalardagi chatoqliklarni (buzilishlarni) identifikatsiya qilish;
 - Aerofotosnimkalardagi ma'lumotlar bo'yicha minerallarning mavjud qatlamlarini razvedka qilish;
 - Modda tarkibidagi primeslarni tahlil qilish;
 - Jarayonlarni boshqarish.
4. Harbiy sanoat va aeronavtika:
- Tovush signallarini qayta ishlash (bo'laklash, ajratish, identifikatsiyalash, lokallashtirish);
 - Radar signallarini qayta ishlash (maqsadlarni anglash, manba'larni identifikatsiyalash va lokalizatsiyalash);
 - Infraqizil signallarni qayta ishlash (lokalizatsiyalash);
 - Axbortlarni umumlashtirish;
 - Avtomatik uchushni tashkil qilish (avtopilot).
5. Ishlab chiqarish sanoati:
- Manipulyatorlarni boshqarish;
 - Mahsulot sifatini boshqarish;
 - Jarayonlarni boshqarish;
 - Buzilishlarni, ishdan chiqishlarni topish;
 - Moslashgan robototexnika;
 - Tovushni boshqarish.
6. Xavfsizlik xizmati:
- Insonning yuzini, tovushini, barmoq izlarini anglash.
7. Biomeditsina sanoati:
- Rentgonogrammalar tahlili;
 - Insonning sog'ligi holatini diagnostikasi.
8. Televideniya va aloqa:
- Aloqa tarmoqlarini adaptiv boshqarish;
 - Tasvirlarni siqish va qayta tiklash.

Keltirilgan ro'yxat judayam to'liq emas. Sun'iy neyron to'rlari samarali qo'llanayotgan boshqa sohalarni ham topish mumkin.

Sun'iy neyron to'rlaridan ta'lim jarayonigsha qo'llashni quyidagicha tasavvur etish mumkin.

Zamonaviy mutaxassisni tayyorlash muammosi shundan iboratki, u kasbiy mobillikni mustahkam egallaganligi bilan bir qatorda axborot kommunikatsiya texnologiyalarini ham mukammal o'zlashtirgan bo'lishi va undan samarali foydalanish usullari, metodlarini bilishi zarur. Muammoli vaziyatlar mutaxassisdan na faqat nazariyani yaxshi bilishlikni, balki ishlashning universal jihatlarini, usullarini egallashni talab qiladi. Shu boisdan ham o'quvchilarga o'quv jarayonining tartiblangan o'qitishning tizimli-mantiqiy yordamchisi juda muhim hisoblanadi.

Bu masalaning yechimlaridan bitta varianti o'quv jarayoniga mutaxassislik bo'yicha integrallashgan dasturlarni tadbqiq qilishdir. Bunday dasturlar ta'limning yagona maqsadi o'qitish, bilim, ta'lim berish maqsadiga yo'naltirilgan bo'lmog'i kerak – ya'ni talabalarning kasbiy faoliyat masalalarini samarali yechishga. Nazariy jihatdan bu masala mos ravishda kurslarni tanlash va ularni mantiqiy jihatdan ketma-ketligini aniqlab amalga oshirishdir.

Hozirgi kunda, o'qituvchi-o'rgatuvchi tizimlarni yaratishda statistik (ehtimollik) modellar asos qilib olinmoqda, natijada qiyn rasmiylashtiriladigan masalalarni yechishda va konkret talabning bilimlari va imkoniyatlariga moslashtirishda yaxshi samara bermayapti. Individual foydalanuvchiga mo'ljallangan, yo'naltirilgan tizimni tuzish muapmmosini keltirib chiqarmoqda. Masalani samarali yechishning bidan-bir yo'li Sun'iy neyron to'rlaridan foydalanishdir.

Neyroinformatsion texnologiyalar ilmiy-izlanishlar, turli sohalarning faoliyatini, xuddi shunday o'quv jarayonini ham modernizatsiya va qaydadan qurishda tabiiy, adekvat va samarali vosita sifatida o'zini namoyon qilmoqda. Neyroinformatsion texnologiyalar quyidagi sabablarga ko'ra amaliy jihatdan keng miqyosda qo'llash uchun ilmiy-izlanishlar olib borishga va ta'lim jarayoniga juda mos keladi:

1. Oliy ta'lim muassasalari, o'rta maxsus ta'lim maskanlarida, kasb-hunar kollejlarida, umumiy o'rta ta'lim maktablarida o'quv-uslibiy majmualarning yaratilishi va undan foydalanishning samaradorligi zamonaviy axborot texnologiyalariga asoslangan, bu

esa o'z navbatida mos ravishda ma'lumotlar va bilimlar bazasini yaratish muammosi bilan bog'liq.

2. Foydalanuvchiga o'zining tarmog'ini hosil qilish va unda masalalarni yechish uchun dasturlash sir-asrorlarini bilish shart emas, bu esa foydalanuvchilar doirasining kengayishiga olib keladi.

3. Neyron to'rlari texnologisidan foydalanilganda obyekt bilan foydalanuvchi o'rtasida hech qanday oraliq zveno bo'lmaydi, ya'ni dasturchiga o'xshagan. Sun'iy neyron to'rlari holatida asosiy rolni konkret bilim sohasidagi mutaxassis o'ynaydi, bu esa kompyuterlashgan axborot texnologiyalarini keng masshtabda tadbiq qilishga xalaqit beradigan bir qator negativ psixologik momentlarni inkor qiladi.

4. Neyrotarmoq texnologiyasi universalligi bilan farqlanadi, bitta dastur turli bilimlar sohasidagi mumkin bo'lgan ishlarni bajarishni ta'minlaydi. Sun'iy neyron to'rlari bazasida yaratilgan ekspert tizimlarni osongina o'qitish, o'rgatish mumkin.

5. Sun'iy neyron to'rlari axborotlarni rasmiylashtirishni judayam detallashtirishni talab qilmaydi, mustahkam mantiqqa asoslangan sistemalar kabi, bu xususiyati juda yaxshi baholanadi ishning boshlang'ich bosqichlarida yoki boshlang'ich tahlilda, xuddi shunday o'quv jarayonida. Talabada obyektiv sabablarga ko'ra, har doim ham, o'zining aniq mantiqiy sxemasini qurish uchun bilimlari yetishmaydi. Agar I.s. Vigotskiyning terminologiyasidan foydalanadigan bo'lsak, Sun'iy neyron to'rlari o'vuvchilar bilan "yaqin kelajakdagi rivojlanish zonasida" ishlash uchun imkoniyat yaratadi, ya'ni maslahatchi va yordamchi rolini o'ynaydi, natijada foydalanuvchi barcha topshiriqlarni bajarishi mumkin, hattoki o'zining kuchi, bilimi yetmaydigan juda murakkab bo'lgan topshiriqlarni ham mustaqil bajarish imkoniyati mavjud.

3.7. Neyron to'rlarini amalga oshirish usullari

Neyron to'rlarini ikki usul bilan amalga oshirish mumkin [32,41,63]:

1. Sun'iy neyron to'rlarining dasturli modeli;
2. Sun'iy neyron to'rlarini apparatli amalga oshirish.

Asosiy apparatli Sun'iy neyron to'rlari mahsulot asosan Sun'iy neyrobiologik sistemalar bazasida yaratiladi (neyrobis). Hozirgi paytda yaratilayotgan neyrobis lar ichidan adaptive solutions (ssha) va hitachi (yaponiya) firmalarini ajratib ko'rsatish mumkin. Adaptive solutions firmasining neyrobisi juda tez ishlaydigan hisoblanadi, uning e'lon qilingan qayta ishlash tezligi 1,2 mlrd. Bog'lanish/sek. (neyron to'ri 64 neyron va 262144 sinapsdan iborat). Hitachi firmasining neyrobisi asosida yaratilgan Sun'iy neyron to'ri tarkibida 576 neyrongacha bo'lishi mumkin. Bu neyrobislar yangi avlod hisoblangan ixtisoslashgan ko'p protsessorli neyrokompyuterlarning asosini tashkil qilishi mumkin.

Zamonaviy neyrokompyuterlarning ko'pchiligi shaxsiy kompyuter yoki ishchi stansiyani tasvirlaydi, uning tarkibi qo'shimcha neyroplata kiradi. Bunday kompyuterlar tarkibiga, masalan, fujitsu firmasining fmr seriyali kompyuterlaridir. Bu prinsip asosida yaratilgan neyrokompyuterlarning imkoniyatlari ko'plagan sonli amaliy masalalarni neyromatematika metodlari bilan yechishga qodir.

Biroq ixtisoslashgan neyrokompyuterlar ancha qiziqish uo'g'otadi, ular neyron to'rlarining prinsiplarini to'g'ridan to'g'ri amalga oshiradi. Bunday sistemalarning vakillari trw firmasining mark oilasiga mansub kompyuterlardir (rozenblat tomonidan yaratilgan birinchi perseptronni amalga oshirish, mark I deb nomlandi).

Trw firmasining mark III modeli ishchi stansiyani tasavvur etadi, uning tarkibida matematik soprotsessorli oilasiga motorola 68000 mansub 15 tagacha protsessor mavjud. Sistemaning arxitekturasi 65000 gacha bo'lgan virtual protsessor elementlarini qo'llab quvvatlaydi, 1 milliondan ko'p to'g'rilanadigan bog'lanishlarga ega, 450 ming oraliq bog'lanish/s. Gacha qayta ishlash imkoniyatiga ega.

Mark IV – bu konveyer arxitekturali bir protsessorli superkompyuter. U 236 minggacha virtual protsessor elementlarini qo'llab quvvatlaydi, bu esa 5 mln.gacha oraliq bog'lanish/s. Qayta ishlash imkoniyatiga ega.

Boshqa model – Netsim kompyuyuteri, kembrij universitetining ishlanmalari bazasida texas instruments firmasida yaratilgan. Uning

topologiyasi 80188 protsessorlar bazasida yaratilgan standart hisoblash uzellariga ega uch o'lovchi panjara ko'rinishida. Netsim kompyuteri xopfild-koxonen va teskari tarqaluvchi neyron to'ri sifatida shunday neyron to'rlarini modellashtirish uchun ishlatiladi. Uning ish unumdorligi 450 mln.gacha oraliq bog'lanish/s. Qayta ishlash imkoniyatiga ega.

Computer recognition systems (crs) firmasi wizard/crs 1000 seriyali neyrokompyuterlarni sotadi, ular videotasvirlarni qayta ishlash uchun mo'ljallangan. Kirish tasvirining o'lchami 512 x 512 piksel. Crs 1000 modeli sanoat korxonalarida avtomatik nazorat ishlarini bajarishga qo'llanilmoqda.

Rossiyada moliya sohasiga mo'ljallangan birdan bir quvvatli neyrokompyuterlar faoliyat ko'rsatayapti – adaptive solutions firmasida 4 ta neyrobis bazasida yaratilgan cnaps pc/128 .

Neyron to'rlarining muammolari. Sun'iy neyron tshrlarining juda ko'p imkoniyatlari mavjud. Bularning hammasi teskari tarqalish to'ridan foydalanadi – zamonaviy ko'p qatlamli algoritmlar ichida ancha muncha muvaffaqiyatlisi. Teskari tarqalish ko'p cheklanishlarni oshib o'tadigan ko'p qatlamli to'rlarni o'qitish uchun ishlatiladigan sistemalashtirilgan metod hisoblanadi.

Neyron to'rlarini o'qitishning barcha metodlarini amalga oshirishda turli xil muammolarga duch kelamiz. Neyron to'ri belgilangan vaqt ichida o'qib o'rganishiga hech qanday kafolat yo'q. Sun'iy neyron to'rini o'qitish algoritmi “lokal minimumga” tushib qolishi mumkin va natijada yaxshi yechimni olib bilmasligimiz mumkin.

Juda katta muammo neyron to'rlarining mustahkamligi bilan bog'liq. Odamlarga o'xshab, miyaning strukturasi ulardan nusxa oladi, to'r oldindan aytib bo'lmaydigan narsani xotirasida saqlaydi. Sun'iy neyron to'ridagi chiquvchi miqdorning aniq qiymatini bilishning bitta usuli mavjud, u ham bo'lsa, kirish signallarining barcha kombinatsiyalarini ko'rib chiqish kerak. Bunday to'liq tekshirish amaliy jihatdan bajarib bo'lmaydigan holat va buning uchun statistik metodlardan foydalanish zarur.

Bunday muammolar kompyuterlar to'liq to'g'ri ishlab turgan holatlarda ham kelib chiqishi mumkin. Chunki Sun'iy neyron

to'rlari ayrim hollarda xatolikga yo'l qo'yadi, hatto to'g'ri faoliyat ko'rsatayotgan bo'lsa ham.

Boshqa muammolar ananaviy Sun'iy neyron to'rlarida masalani yechishning tavsifini tasavvur etishga qobiliyati yo'qligi bilan xulosalanadi. Sun'iy neyron to'rini o'qitish natijasida olgan ichki taassurotni bilish shunchalik murakkabki, hatto uni tahlil qilish imkoniyati ham yo'q, oddiy holatlarni hisobga olmaganda.

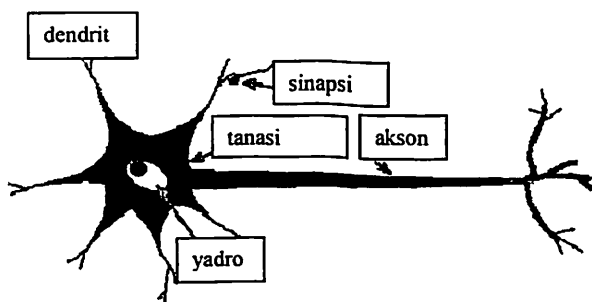
Keltirilgan kamchiliklariga qaramasdan bu soha o'zining ish faoliyatini juda yaxshi namoyon qilmoqda, unikal potensial imkoniyatlariga ega. Shunga qaramasdan juda ko'p cheklanishlar va ochiq qolgan juda ko'p savollar mavjud.

Sun'iy neyron to'rlari kelajakda qo'llanilish sohalari bo'yicha juda katta imkoniyatlarga ega. Potensial ilovalari inson intellekti juda kam samara beradigan, oddiy hisoblashlar juda qiyin yoki adekvat bo'lmagan holatlarda ishlatiladi. Shunga qaramasdan Sun'iy neyron to'rlari barcha sohalarda o'z o'rnini topmoqda.

Sun'iy neyron to'rlarining biologik modeli. Sun'iy neyron to'rlarining strukturasi jonli mavjudotlarning nerv sistemalarini va insonning miya faoliyatini o'rganish natijasida modellashtirildi. Haqiqatan ham ular orasidagi o'xshashlik aytarlik darajada emas, biroq bu emulyatsiya juda katta natijalarni keltirib chiqarmoqda. Sun'iy neyron to'rlari ham miya faoliyatiga o'xshash xossalarga ega: bilimlarga asoslangan tajribalarda o'rganish, xulosa chiqarish va xatolar qilish qobiliyatiga ega.

Inson miyasi neyron deb nomlanuvchi ming milliarddan ko'p hisoblash elementlariga ega. Neyronlar bir-birlari bilan nerv iplari bilan bog'langan – sinapslar deb ataladi. 10^{11} ga yaqin neyronlar taxminan 10^{15} ta uzatuvchi bog'lanishlarda qatnashadi, bog'lanishlarning uzunligi bir metrgacha va undan ham ortiqroq. Bunday tarmoq neyronlari miyada bo'ladigan barcha funksiyalarga javob beradi.

Neyron nerv sistemasining asosiy quruvchi bloklari hisoblanadi, va u uchta qismdan tarkib topgan: hujayra jismi, yadro, sinapslar, dendritlar va aksonlar, har bir qism o'zining o'zaro bog'langan funksiyalariga ega (3.37- Rasm).



3.37-rasm. Biologik neyron

Kletka jismi neyrondagi energiya sarfini boshqaradi va koʻplagan bir qancha jarayonlarni ham rostlaydi. Hujayra jismini tashqi membranasi nerv impulslarini ishlab chiqaradi, generatsiya qiladi, bu impulslar nerv sistemasining hayotiy faoliyati va hisoblash qobiliyatlarining markazi hisoblanadi.

Boshqa neyronlardan kelayotgan bir qancha kirish signallari hujayraga dendritlar orqali keladi. Dendritlarda sinaptik bogʻlanishlar joylashadi, ular signallarni boshqa aksonlardan oladi. Hujayra jismi dendritlardan olingan signallarni jamlaydi, yigʻadi, va agar natijaviy signal porog qiymatidan yuqori boʻlsa, impuls ishlab chiqaradi, aksonlar orqali boshqa neyronlarga uzatiladi.

Aksonlarning uzunligi juda qisqa boʻlishi mumkin (0,1 mm), xuddi shunday 1 m dan ham oshishi mumkin. Aksonning oxiri juda koʻp tarmoqlarga ega, ularning har biri sinapslar bilan yakunlanadi, u yerdan signallar dendritlar orqali boshqa neyronlarga uzatiladi, ayrim hollarda toʻgʻridan-toʻgʻri hujayra jismiga uzatilishi ham mumkin. Bitta neyron impulsni generatsiya qilishi mumkin, bu impuls yuzlagan yoki minglagan neyronlarni qoʻzgʻatishi (hayajonlantirishi) yoki toʻxtatishi mumkin. Shunday qilib neyronning funksional murakkabligi emas, balki yuqori darajadagi bogʻlanganlik neyronga hisoblash quvvatini taʼminlaydi.

3.8. Informatika fanida algoritmlash asoslari mavzusini o'zlashtirish masalasiga sxematexnikaviy yondashuv asosida mos neyron to'rini qurish

Sun'iy neyron to'ri – bu o'ziga xos xususiyatlarga ega o'rgatuvchi mashina bo'lib, katta hajmdagi axborotlarni tizimlashtirish, klasterlashtirish, guruhlashtirish, statistik bashoratlash uchun mo'ljallangan. Bunday sun'iy intellektli neyron to'ri ko'rinishidagi o'rgatuvchi mashinalarni yaratish – xuddi ishlab chiqarish jarayoni kabi, maxsus ishlarni to'plamini oldindan belgilangan reja, algoritim, dasturiy vosita asosida bajaradi, buning uchun xom–ashyo sifatida maxsus tayyorlangan axborotlar to'plamidan foydalaniladi. Bu axborot texnologiyasining mahsuloti, tovari bo'lib, asosan, kompyuter dasturlari, ularning komponentalari, elektron va optik sxemalar va chiplar, yoki ma'lumotlarni qayta ishlash uchun ulardan foydalanib olingan natijalar, ya'ni qayta ishlangan axborotlar majmuasi hisoblanadi [63,69,71-74].

Ta'lim sohasiga axborot va kommunikatsiya texnologiyalarini jadal qo'llash asosida o'qitishning yangi shakl va metodlarini, ta'lim muassasalarining yagona axborot ta'lim makonini yaratishda, matematik rasmiylashtirish nuqtai nazaridan juda yomon hisoblangan obyektini (ta'lim jarayonini), boshqaruv va modellashtirish muammolarini talab darajasida yechish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Boshqaruv va modellashtirishning (ta'lim sohasida) yangi metodlarini, yondoshuvlarini va texnologiyalarini izlashni keltirib chiqaradi. Shuni ta'kidlash mumkinki, ta'lim obyektlari va ta'lim jarayonlarini ilmiy asosda o'rganuvchilarga neyron tarmoqlaridan foydalanish zamonaviy unikal vositalar va pritsipial yangi imkoniyatlarni ochishda juda katta ahamiyat kasb etadi.

Ta'lim ob'ektlarida va jarayonlarida neyromodellar va neyrotarmoq texnologiyalari metodlaridan foydalanish, yangi yo'nalish hisoblanayotgan ta'limda intellektual sistemalarning rivojlanishiga olib keladi. Boshqaruvning neyron sistemalarida qayta ishlanadigan axborotlarni tasvirlash shakllari va turlari bo'yicha cheklanishlar bo'lmaydi. Bu esa ularni ommaviy tusda

qo'llanilishidan dalolat beradi. Neyrosistemalar inson miyasida kechadigan fikrlash jarayonlarini zamonaviy tasavvurlarda ifodalashga asoslanadi va taklif qilingan faktlar asosida o'rganishga moslashgan bo'lib, murakkab nochiq bog'lanishlarni aniqlaydi.

Endi Informatika fanining "Algoritmlashtirish va dasturlashtirish" bo'limini o'rganishda talabani faollashtirish bo'yicha neyron to'rini qurish masalasini rasmiylashtirishni ko'rib chiqamiz [71,72].

Belgilashlar kiritamiz: A - talabalar to'plami guruhi.
 $A = \{A_1, A_2, \dots, A_N\} = \{\text{Abdulla, Sadulla, Boltaboy, \dots}\}.$

Talabalar Informatika fanining "Algoritmlashtirish va dasturlashtirish" bo'limini mustaqil o'rganishmoqda, ya'ni "Algoritmlashtirish va dasturlashtirish" bo'limini asosiy algoritmlarini amaliy jihatdan o'zlashtirishmoqchi.

Belgilaymiz Informatika fanining "Algoritmlashtirish va dasturlashtirish" bo'limini asosiy algoritmlari to'plamini

$$S = \{S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7, \dots\} = \{\text{OK, OT, MT, OS, MS, TS, ST}\}$$

bu yerda: OK – oddiy ketma-ketlikni hisoblash jarayonini algoritmi;

OT – oddiy tarmoqlanuvchi hisoblash jarayonini algoritmi;

MT – murakkab tarmoqlanuvchi hisoblash jarayonini algoritmi;

OTS – oddiy takrorlanuvchi (siklik) hisoblash jarayonini algoritmi;

MS – murakkab takrorlanuvchi (siklik) hisoblash jarayonini algoritmi;

TS – tarmoqlanishda takrorlanuvchi hisoblash jarayonini algoritmi;

ST – takrorlanishda tarmoqlanuvchi hisoblash jarayonini algoritmi.

Informatika fanining "Algoritmlashtirish va dasturlashtirish" bo'limini o'rganish bo'yicha maslahat beruvchi professor o'qituvchilar to'plami:

$B = \{B_1, B_2, B_3, \dots\} = \{\text{dots. Yusupov, k.o'qit. Setmetov, ass. Ro'zmetov}\}.$

Bilim olish jarayonini nazorat qiluvchi, guruh murabbiysi katta o'qituvchi Yusupov D. har bir talabaning bilim olish jarayonini

holatini, ya'ni baholash reytingini nazorat qiladi va mos ravishda statistikani yig'ib boradi.

Endi guruh murabbiysi D.Yusupovning talabalar bilimini nazorat qilish va statistikani olib borish faoliyatini maqsadli ravishda rasmiylashtiramiz.

1. O'zlashtirishda 10% a'lo bahoga o'qishga
2. O'zlashtirishda 15% yaxshi bahoga o'qishga
3. O'zlashtirishga 65% qoniqarli bahoga o'qishga
4. O'zlashtirmaydigan talabalarni sonini minimumga, ya'ni 0%ga erishish.

Yuqorida keltirilgan maqsadni matematik jihatdan abstrakt ko'rinishda rasmiylashtiramiz, soddalik uchun 5 ta algoritmnini olamiz

$$S=\{S1,S2,S3,S4,S5,\}=\{OK,OT,MT,OTS,MS\},$$

bu yerda: OK – oddiy ketma-ketlikni hisoblash jarayonini algoritmi;

OT – oddiy tarmoqlanuvchi hisoblash jarayonini algoritmi;

MT – murakkab tarmoqlanuvchi hisoblash jarayonini algoritmi;

OTS – oddiy takrorlanuvchi (siklik) hisoblash jarayonini algoritmi;

MS – murakkab takrorlanuvchi (siklik) hisoblash jarayonini algoritmi;

Har bir talabaning algoritmlarni o'zlashtirish bo'yicha reytinglarini quydagicha baholaymiz:

$R=\{R1,R2,R3,R4,R5\}=\{A'lo, yaxshi, qoniqarli, deyarli qoniqarli, qoniqarsiz\}.$

Talabalarning bilim olish xolatlarini quydagicha abstrakt tarzda ifodalaymiz, masalan:

• $\{A1,B2,OT\}$ - A1 talaba B2 o'qituvchini oldiga OT algoritmini o'rganish uchun maslahatga keldi, ya'ni talaba Abdulla k.o'qit. Setmetovni oldiga OT – oddiy tarmoqlanuvchi hisoblash jarayonini algoritmini o'rganish bo'yicha maslahatga keldi;

• $\{A2,B1,OTS\}$ - A2 talaba B1 o'qituvchini oldiga OTS algoritmini o'rganish uchun maslahatga keldi, ya'ni talaba Sadulla dots.Yusupovni oldiga OTS – oddiy takrorlanuvchi (siklik) hisoblash jarayonini algoritmini o'rganish bo'yicha maslahatga keldi;

- $\{A5, B2, S1, \}, \{A7, B3, S5, \}$ va hakoza.

Yuqorida tavsiflangan abstrakt holatlar mantiq nuqtai nazardan quydagicha ifodalanadi:

$$\begin{aligned} \{A1, B2, S3\} & \Rightarrow A1 \wedge B2 \wedge S3; \\ \{A2, B1, S4\} & \Rightarrow A2 \wedge B1 \wedge S4; \\ \{A5, B2, S1\} & \Rightarrow A5 \wedge B2 \wedge S1; \\ \{A7, B3, S5\} & \Rightarrow A7 \wedge B3 \wedge S5. \end{aligned}$$

Talabalarning bilim olish jarayonini yana quydagicha ham abstraktlash mumkin:

$\{A1, B1, B2, OK, OT, MT, OTS, MS, \} \Rightarrow A1 \wedge (B1 \vee B2) \wedge (OK \vee OT \vee MT \vee OTS \vee MS)$. Demak, A1 talaba B1 yoki B2 o'qituvchini oldiga OK yoki OT yoki MT yoki OTS yoki MS algoritmini o'zlashtirish bo'yicha maslaxatga keldi.

$\{A1, B2, OK, OT, MT, B1, OTS, MS\} \Rightarrow (A1 \wedge B2 \wedge (OK \vee OT \vee MT)) \vee (A1 \wedge B1 \wedge (OTS \vee MS))$ - ya'ni A1 talaba B2 o'qituvchini oldiga OK yoki OT yoki MT algoritmini o'zlashtirish bo'yicha maslaxatga keldi, yoki A1 talaba B1 o'qituvchini oldiga OTS yoki MS algoritmini o'zlashtirish uchun maslaxatga keldi.

Guruhdagi talabalar bo'yicha o'zlashtirish jarayonining bunday holatlarini mumkin bo'lgan barcha variantlarini ko'rib chiqish va tahlil qilish natijasida talabaning bilimi bo'yicha quyidagi yechimlarni beruvchi mantiqiy fikrlash – predikatlar sistemasini hosil qilamiz:

$$\left. \begin{aligned} \text{Agar } A1 \wedge B1 \wedge (S1 \vee S2 \vee S3 \vee S4 \vee S5) \text{ u holda } R1; \\ \text{Agar } A1 \wedge (B1 \vee B3) \wedge (S1 \vee S2 \vee S3) \text{ u holda } R2; \\ \text{Agar } A1 \wedge (B1 \vee B3) \wedge (S4 \vee S5) \text{ u holda } R3; \\ \text{Agar } A2 \wedge B3 \wedge (S1 \vee S2 \vee S3 \vee S4 \vee S5) \text{ u holda } R4; \\ \text{Agar } A2 \wedge (B1 \vee B2) \wedge (S1 \vee S2 \vee S3 \vee S4 \vee S5) \text{ u holda } R5. \end{aligned} \right\} (3.1)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{If } A1 \wedge B1 \wedge (S1 \vee S2 \vee S3 \vee S4 \vee S5) \text{ then } R1; \\ \text{If } A1 \wedge (B1 \vee B3) \wedge (S1 \vee S2 \vee S3) \text{ then } R2; \\ \text{If } A1 \wedge (B1 \vee B3) \wedge (S4 \vee S5) \text{ then } R3; \\ \text{If } A2 \wedge B3 \wedge (S1 \vee S2 \vee S3 \vee S4 \vee S5) \text{ then } R4; \\ \text{If } A2 \wedge (B1 \vee B2) \wedge (S1 \vee S2 \vee S3 \vee S4 \vee S5) \text{ then } R5. \end{aligned} \right\} (3.2)$$

Bunday rasmiylashtirishda birinchi va ikkinchi predikatlar quydagini bildiradi:

Agar A1 talaba B1 o'qituvchini oldiga borib S1 yoki S2 yoki S3 yoki S4 yoki S5 zveno bo'yicha maslahat olsa uning bilimi R1 reyting bilan baholanadi;

Agar A1 talaba B2 yoki B3 o'qituvchini oldiga borib S1 yoki S2 yoki S3 zveno bo'yicha maslahat olsa uning bilimi R2 reyting bilan baholanadi va hakoza. (3.1), (3.2) perdikatlar "Algoritmshatirish va dasturlashtirish" bo'limini 5 ta algoritmini o'zlashtirishni o'rgatuvchi neyron to'rini qurish masalasi uchun asos bo'lib xizmat qiladi.

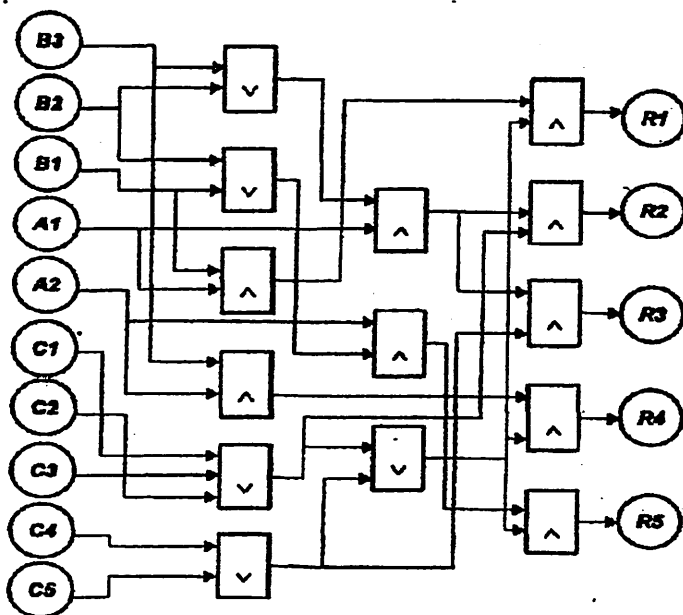
Algoritmshatirish va dasturlashtirish bo'limini asosiy algoritmlarini o'zlashtirish masalasiga neyron to'rini qurishga sxematexnikaviy yondashish masalasini hal qilishda elektron hisoblash mashinalari va ularning elektron elementlar bazalarini qurishga mo'ljallangan yondashuv usularidan foydalanamiz. Buning uchun qurilmaning, sistemaning to'liq funksional faoliyatini ifodalash uchun bul funksiyalari – dizyunksiya \vee va \wedge konyunksiyalardan foydalanamiz. Inkor etish funksiyasidan hozircha foydalanmaymiz, chunki bilim olishni inkor etuvchi holatlarni hisobga olmaymiz.

Qabul qilingan belgilashlarni hisobga olgan holda (3.1)-(3.2) mantiqiy ifodani hisoblashni amalga oshiruvchi algoritmnning sxemasini quramiz. Sxemaning kirishiga bul o'zgaruvchilarning qiymatlarini beramiz, ular hodisalarning holatlarini ifodalashadi.

Biz qurgan eletron sxema juda yaxshi ishlashi mumkin, mazkur hodisalarga bo'ladigan ta'sirlarning natijalarini tezkor aniqlab beradi. Agar biz mumkin bo'lgan barcha hodisalarning kombinatsiyalarini ko'rib chiqmoqchi bo'lsak, bilamizki, har bir hodisaga qanday yechim mos keladi, va natijada barcha kombinatsiyalar uchun aniq axborotga ega yechimlarni to'liq to'plamini hosil qilishimiz mumkin.

Biroq biz real hayotda uchraydigan noaniqliklarga, g'alayonlarga, ichki va tashqi ta'sirlarga ko'pchilik hollarda befarq qaraymiz, bunday tashqi ta'sirlar biror sistema ko'rinishida aks ta'sir berishi mumkin. Shu boisdan ham bunday ta'sirlarning mavjudligi va ularning sistemaga beradigan salbiy ta'sirlarini qonuniyatlarini o'rganishimiz, tahlil qilishimiz va ularni bartaraf

qiluvchi, vositalar, metodlar va algoritmlarni sintez qilishimiz lozim.



3.38-rasm. Predikatlar sistemasini amalga oshiruvchi algoritmnin sxemasi

Biz faqat ishonchi, yetarlicha zaruriy aniq ma'lumotlar bilan ishlashimiz yoki hodisalarni boshqa metod va usullar bilan tahlil qilib, qaysi yechim aynan shu holatga, hodisaga mos kelishini aniqlashimiz kerak.

Demak, biz juda aniq, tartiblangan tasavvurdan, assotsiativ sohada noaniq, tahminiy fikrlashga o'tishimiz zarur. Biroq zaruriy yechimni topa bilishning ehtimolligi (chastotasi) juda yuqori bo'lishligi talab qilinadi. Aynan shunday sharoitlarda neyron to'ri yordamga keladi.

Endi biz dastavval bul o'zgaruvchilari tipidan haqiqiy o'zgaruvchilar tipiga o'tmog'imiz zarur. Buning uchun hodisalarning bo'lishligini hisobga olib emas, balki bu hodisalarning bajarilish ehtimolliklarini yoki ularni baholashning boshqa birorta vazn koeffitsentlarni aniqlashimiz kerak (elektronika texnikasiga

bunday holatlar xos emas). Bundan keyin esa bul funksiyalarining analogini amalga oshirish uchun yangi ma'lumotlar tiplari ustida ish bajarish talab qilinadi, ya'ni neyronlarni vaznlar, poroglar va o'zining uzatish funksiyalarini dizyunksiya va konyunksiya funksiyalari vositasida noaniq ma'lumotlar va ularning variatsiyalarini hisobga olgan holda ishlashga majburlash zarur.

Yana shuni hisobga olish kerakki absalyut aniq, ishonchli ma'lumotlar, har qanday holatda ham albatta aniq, ma'lum yechimlarga olib keladi, biroq noaniq ma'lumotlar esa mumkin bo'lgan yechimlarni har birining vaqt koeffitsentlarini aniqlashga imkon beradi. Bunday sharoitda maksimal vazn qiymatga qarab mazkur noaniq holatni baholashimiz, tanlashimiz mumkin.

Hohlagan birorta (j-chi) m ta kirishli neyronning uzatish funksiyasini quyidagicha tanlaymiz (m ta kirish – dendritlar soni):

$$V = \xi \left(\sum_{j=1}^m V_j w_j - h_i \right);$$

if $V > 1$ then 1 else V'
 $(\xi(x) = x, \text{ Agar } x \geq 0, \text{ 0 - aks holda})$

Bu yerda V_j , har doim ham, j-chi kirishga kelayotgan ta'sirlantirish miqdori (boshqa neyronni).

Bunday holatda neyron – konyukktor juda yuqori stah yordamida amalga oshirilishi mumkin, (3.39-rasm), bu yerda δ bu barcha kirishlarga keladigan, ta'sirlantiruvchi signallar satxini yengib o'tish uchun yetarlicha bo'lgan, qandaydir birorta tuzatishlar.

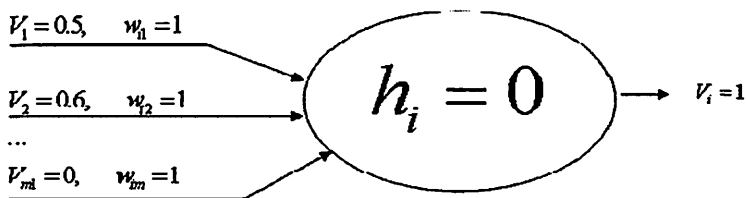
O'qitish davomida kirish signallari – bul o'zgaruvchilari, 0.1 qiymatlarni qabul qiladilar. $w_j = \frac{1}{m} \delta e \delta$, $\delta < \frac{1}{m}$ deb tanlaymiz. U holda satxdan oshib o'tish uchun barcha kirishlarda 1 qiymat bo'lmog'i zarur; birorta kirishda 1 qiymatning yetishmasligi quyidagiga olib keladi, ya'ni ko'rsatilgan vazn summalaridan o'Ichangan vazn summalari $\frac{1}{m}$ ga kichik bo'ladi.



3.39-rasm. Neyron-konyunktur.

Neyron – dizyunktorni amalga oshirish, aksincha, satxning kichik (past) qiymatlarida kechadi, biroq vaznlarning yuqori qiymatlarida ham bajariladi. Sath shunday tanlanadiki, agarda birorta kirish ta’sirlantirilsa (qo’zg’atilsa) albatta chiqishda ta’sir (qo’zg’altiruvchi) signali mavjud bo’ladi. Biroq bunday sharoitda chiqish signalini qiymati “1” dan oshmaydi. (3.40-rasm).

O’qitish rejimida to’liq aniqlik bo’yicha tushunarliki ta’sirlantirish (qo’zg’atish) bitta yagona kirishga keladi (neyron inkor qiluvchi yoki “yoki-yoki” funksiyasini amalga oshiradi). Noaniqlik sharoitlarida shunday qilinadiki, neyron yoki funksiyasini imitatsiya qiladi, ya’ni bitta kirishda emas balki bir qancha kirishlarni ta’sirlantiradi(qo’zg’atadi).



3.40-rasm. Neyron-dizyunktur

Shunday qilib, ma’lumotlar tilini almashtirib va 38-rasmdagi sxemadagi barcha elementlarni neyronlar bilan almashtirib quyidagi neyron to’rini hosil qilamiz (3.41-rasm), bu yerda neyron-konyunkturalar shtrixlangan (qoraytirilgan).

Endi, guruh raxbariga shunday ishlarni bajarishga imkoniyat yaratamiz, ya’ni eksprement o’tkazishni, buning uchun xar xil ishonchli hodisalarni berib ko’ramiz - mumkin bo’lgan yoki

mumkin bo'lmagan. Masalan, "juda to'g'ri" va absalyut ishonchli hodisalarni keltiramiz. $B_3=1$, $A_1=1$, $S_4=1$ (uchinchi talaba maslahat olish uchun bir o'qituvchini oldiga 4 zvenoni o'rganishga keldi). Bundan (mazmun, mantiqan) ko'rinib turibdiki, birinchi dizyunksiya funksiyasini amalga oshiruvchi 1 va 6 neyronlar ta'sirlanadi (qo'zg'aladi). Ta'sirlanish miqdori 1 ga teng. Keyingi taktida 1,6 neyronlar ta'sirlanadi, aktiv holatga o'tadi va A_1 7 va 9 neyronlarni (1 ga teng miqdor bilan) ta'sirlantiradi, undan keyingi taktida esa 6 va 7 neyronlarnig ta'sirlangan signallari neyron-konyunktorning kirishiga keladi, ya'ni VIX 3 ga. Bulardan boshqa chiqish qatlamidagi hech qaysi neyron ta'sirlanmaydi (aktivlashmaydi).

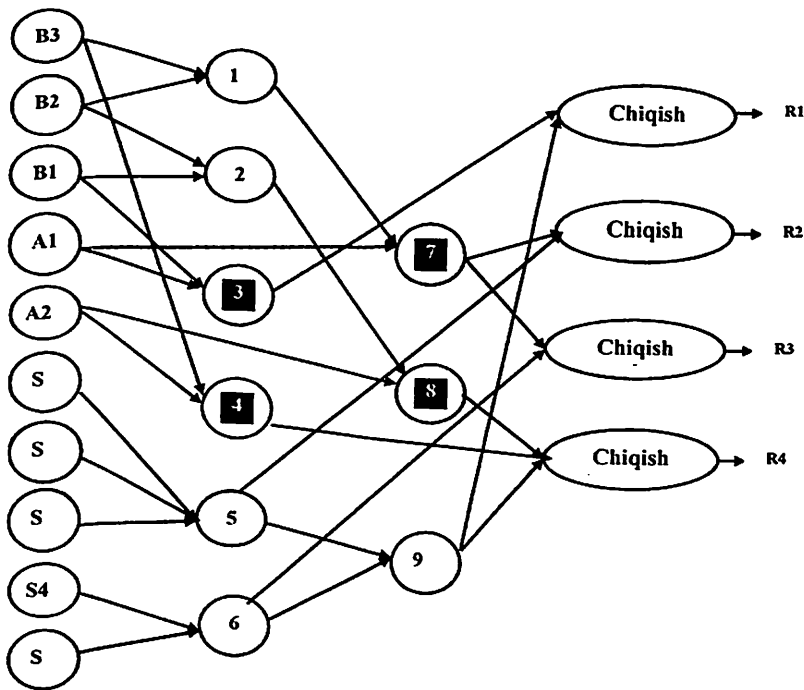
Endi boshqa holatni ko'rib chiqamiz, hodisa noaniq va ishonchli emas. Aytaylik B_1 yoki balki B_2 talaba (qaysi biri ekanligi noaniq) maslahat olish uchun A_1 o'qituvchiga, balki A_2 o'qituvchiga S_1 zvenoni, yoki balki S_5 zvenoni o'rganish uchun borgan.

Guruh murabbiysi oldindan tuzilgan yo'riqnomaga asoslanib mazkur hodisa, holatni yechishga harakat qiladi. Buning uchun intuitsiyasiga asoslanib vaznlardan foydalanishni o'ylaydi, yoki bizning tilimizda kelib chiqqan holatning har bir komponentasini ishonchliligini baxolashga kirishadi. Bilamizki B_1 va B_2 talabani o'qituvchiga maslahatga borishi bir xil ishonchli, shunga e'tiboran guruh murabbiysi A_1 va A_2 neyronlarni qo'zg'altirish (ta'sirlantirish) qiymatini teng qilib oladi, ya'ni 0.5 ($V_{A_1} = V_{A_2} = 0.5$). Biroz mulohazalar yuritgandan keyin guruh raxbari o'zining intuitsiyasiga asoslanib ($V_{B_1} = 0.8$, $V_{B_2} = 0.8$, $V_{S_1} = 0.7$, $V_{S_5} = 0.8$) deb qabul qiladi.

Yana bir marotaba eslatib o'tishimiz joizki, hodisalar to'plamining to'liqligini va o'zgarmaydigan normallashtirish shartlarini bajarishni talab qilish shart emas. Ishonchlilik intutsiya orqali tanlanishi mumkin, bunda insonning tabiati, sezgilari asosiy rol o'ynaydi. Insonning, mutaxassisning aynan shu jihati noaniqlik sifati, hayotiy tajribasining maxsuli, intuitsiyasi va boshqalar assotsiativ fikrlash mexanizmini keltirib chiqaradi.

Hosil qilingan neyron to'rini "ekspluatatsiya-foydalanishga" topshirayotib, barcha konyunktornlarning vaznini bir xil miqdor 0.5 qilib, dizyunktornlarni esa - 1 ga teng qilib olib o'rnatdik.

Konyunkturarning sathi (porogi) $\delta = 0.4$ qiymat bilan aniqlanadi. Dizyunkturarning satxi esa 0 (nul) miqdorga ega. Keltirilgan misolning muximligi 27-rasmdagi neyron to'ri, har bir neyronning oldida qo'yilgan ta'sirlantirish (qo'zg'atish) signali bilan takrorlashni talab qiladi.



3.41-Rasm. Konyunkturli va dizyunkturli neyron to'ri.

Natijada hodisaning yechimi ko'proq R5 bo'ladi, ammo lekin hech qachon R4 bo'lmaydi. Biroq, R1 yechimi mos keluvchi yechim e'tiborni o'ziga jalb qiladi va hakozi.

Aytaylik, birorta to'liq aniqlangan holatda (barcha ishonchli deb ko'rilayotgan ma'lumotlarni miqdoriy qiymati "1") har bir R_i , M_i miqdor reyting (foyda, yuksalish) keltiradi. Bunday sharoitda kutilayotgan foydaning o'rtacha miqdori bizning noaniq holat uchun quyidagicha hisoblanadi:

$$M = \frac{\sum M_i V_{\text{exst}}}{\sum V_{\text{exst}}} = \frac{M_1 \cdot 0,825 + M_2 \cdot 0,675 + M_3 \cdot 0,725 + M_4 \cdot 0,875}{3,1}$$

Demak, olingan yechim ham shunday noaniqki, huddi karta o'yinida kartani o'yinchilarga tarqatgandek. Shu boisdan ham izlanishlarni davom ettirish zarur.

3.9. Neyrotarmoq texnologiyasi asosida informatika fanini moslashgan (adaptiv) o'qitish metodikasi

Axborot kommunikatsiya texnologiyalari sohasida, umuman barcha sohalarda ham, mutaxassisni tayyorlashning o'ziga xos jihatlari mavjud, ya'ni o'ziga xos o'qitish modelini yaratish zarur. O'qitish modeli deganda biz predmet sohasi bo'yicha barcha bilimlarni o'z ichiga olgan bilimlar bazasi va o'qitishning metodologik konsepsiyasiga asoslangan modellar majmuasini tushunamiz. O'rganiladigan shunday predmet sohalari bilimlari, chunonchi matematika, informatika, fizika, ximiya va boshqa tabiiy fanlar, bularda predmet sohasini bayon qilishning tushunchalari va qoidalari, postulatlar juda aniq shakllangan, strukturasi juda yuqori darajada rasmiylashtirilgan. Bunday bilim sohalari qoidalar, tushunchalar va aprior ma'lumotlar o'rtasidagi mantiqiy bog'lanishlar to'plamini tavsiflaydi. Predmet sohasida bilimlarni tavsiflash bo'yicha predmetning mantiqiy graf-sxemasi asosida qurilgan semantik to'r ko'rinishidagi o'qitish modelini tavsiya qilmoqchimiz. Informatika fani asosida fanning tarkibiy qismlarini mantiqli strukturalashtirish va o'qitish modeli uchun rasmiylashtirish jarayoni bilan cheklanib qolmaymiz. Predmetni o'qitishning semantik modeli mantiqiy graf ko'rinishida tavsiflanadi. Semantik grafning tugunlari predmet sohasining mantiqiy tugallangan (fanni tarkibi biror mezon bo'yicha tayanch tushunchalarga ajratiladi) tushunchalarini, qirralari esa asosiy tushunchalar orasidagi uzviy bog'lanishlarni, munosabatlarni ifodalaydi.

I.A. Lebedov o'rganiladigan obyektning, biror qoida asosida, qandaydir mantiqiy konstruksiyalar ko'rinishida tavsiflanadigan quyidagi strukturalarini ajratadi [76].

- mazmunli (ilmiy, metodologik, kulturologik va hakoza);
- tashkiliy didaktik (talaba va o'rganish obektining o'zaro munosabatlarini boshqarishga qaratilgan).

Mazmunli va tashkiliy-didaktik strukturalar o'zaro chambarchas bog'langan: o'quv axboroti birorta axborot tashuvchidan tashqarida mavjud emas, tashkiliy didaktik struktura esa doimo boshqaruvchi tizim tomonidan qabul qilingan axborotlarni modellashtirishning u yoki bu imkoniyatlari bilan bog'langan.

Fanning tarkibiy qismlari, strukturasi "masala" ko'rinishida xarakterlanadigan rivojlantiruvchi ta'limda o'quv materialining mazmuni talabalar oldida masalalar zanjiri ko'rinishida gavdalanadi. Fikrlashning muammoli xarakterga ega ekanligini hisobga olgan holda, aniq mavzu yoki bo'limning mazmunini quyidagicha qurish maqsadga muvofiqdir, ya'ni, "bilish masalalarining mantiqiy ketma-ketligi ko'rinishida, o'quv jarayoni esa - o'quv vaziyatlari zanjiri ko'rinishida, uning bilish yadrosi hisoblanadi, mazmuni esa - o'qitish usullari va bilim olishning har xil vositalarini qo'llagan holda masalalarni yechish bo'yicha talabalarning birgalikdagi, hamjihatlikdagi ishidir".

Adaptiv, moslashuvchan o'qitish tizimining asosiy xususiyati shundaki, bunada birorta kriteriyalar negizida o'quv jarayoni optimallashtiriladi. Hozirgi kunda universal metodologik o'qitish tizimlari mavjud emas, shu boisdan ham o'qituvchi, o'zining nazariy va amaliy, hamda tajribaviy salohiyatidan kelib chiqqan holda o'ziga o'qitish metodikasini tanlaydi, bu esa har doim ham optimal bo'lavermaydi. Biz bu yerda o'qitishning samaradorlik kriteriyasi deb o'quvchi tomonidan predmetni chuqur o'zlashtirishini, olgan bilimlarining mustahkamligi va to'liqliligini, nazariy materiallarni o'zlashtirganlik va amaliy ko'nikmalarni hosil qilganlik darajasini qaradik. Kompyuterlashgan o'qitish tizimining modelida o'quvchining o'zini xususiyatlari, pedagogik-psixologik jihatlarini hisobga olish qo'yilgan maqsadga samarali erishishni ta'minlaydi. Izlanishlar jarayonida o'quvchining xarakteristikallari va xossalari qilib quyidagi parametrlari, o'qitish modelining yadrosini tashkil etuvchi, tanlandi: a) o'quvchining fikrlash tipi; b) berilayotgan bilimlarni qabul qilib olish shakli; v) javob berishdagi

o'ziga ishonchi; g) o'quvchining o'zlashtirgan bilimining darajasi; d) o'quvchi tomonidan bilim olishning optimal strategiyasi.

O'quvchi tomonidan berilgan bilimlarni qabul qilib olish shakli ikki xil miqdor ko'rinishida tasvirlanishi mumkin: intuitiv va nazariy-metodologik fikrlash; ayrim hollarda faqat bitta tipga o'tkazish mumkin. Shu boisdan ham o'qitish modelida bilim olishni ancha aniqroq akslantirish uchun o'quvchining xossalarida har bir parametr uchun afzallik (vazn) koeffitsiyentlaridan foydalanish taklif etiladi. Keyingi fikrlashlarni kamsitmagan holda, bunday koeffitsiyentlarning qiymatini normalashtirilgan $[0,1]$ intervaldan olgan ma'qul. Umumlashgan holda bunday koeffitsiyentlarning qiymatlari $[0,1]$ kesmada uzliksiz tasvirlanishi mumkin, biroq, amaliyotda bu qiymatlar asosan diskret ko'rinishda birorta o'zgarmas qadam bilan o'zgaradi. Bu koeffitsiyentlarning miqdori bir tomondan parametrning semantikasi (parametrning mazmunli jihati) bilan, boshqa tomondan esa talab qilingan aniqlik bilan baholanadi. Bilimni tasavvur etishning asosiy shakllari sifatida quyidagilarni tanlaymiz: analitik (analitik ifodalar, matematik modellar, algoritmlar, matematik tavsiflash va boshqalar), obrazli (sxemalar, rasmlar, videofragmentlar), evristik (amaliy metodlar va takliflar, evristik tavsiflar).

Biror konkret mavzu bo'yicha bilimlarni tavsiflash uchun, masalan, "Dasturlash asoslari" fanida masalani "Algoritmash va dasturlashtirish" mavzusi bo'yicha m ta savolni tanlaymiz. Har bir savolni batafsil tushuntiramiz analitik, yoki obrazli, yoki evristik usulda. Aytaylik, bu premet bo'yicha oliy ta'lim muassasida p ta o'qituvchi mashg'ulotlar olib boradi (bunday holat xizmat qiluvchi kafedralarda mavjud, bitta fanni bir qancha o'qituvchi dars beradi). Misol uchun savollar sonini $m = 3$ deb qabul qilamiz, masalan, 1-savol – chiziqli hisoblash jarayonlarini algoritmash va dasturlashtirish; 2-savol – tarmoqlanuvchi hisoblash jarayonlarini algoritmash va dasturlashtirish; 3-savol – takrorlanuvchi (siklik) hisoblash jarayonlarini algoritmash va dasturlashtirish; fanni ikita o'qituvchi o'tadi $n=2$ [77-80].

Belgilashlar kiritamiz:

$$V = \{v_i\}, i = \overline{1, m} - \text{savollar soni};$$

$\Pi = \{\pi_i\}, i = \overline{1, n}$ - o'qituvchilar soni;

Mos ravishda lingvistik o'zgaruvchilar:
analitik

$A = \{\text{"ифодалар"}, \text{"моделлар"}, \text{"алгоритмлар"}, \text{"сўзлар"}\} = \{a_1, a_2, a_3, a_4\}$;

Mantiqiy funksiya $f_a = a_1 \vee a_2 \vee a_3 \vee a_4 = 1, a_i \in [0, 1]$;

analitik

$O = \{\text{"схемалар"}, \text{"расмлар"}, \text{"графика"}, \text{"видеофрагментлар"}\} = \{o_1, o_2, o_3, o_4\}$;

Mantiqiy funksiya $f_o = o_1 \vee o_2 \vee o_3 \vee o_4 = 1, o_i \in [0, 1]$;

analitik

$E = \{\text{"эвристик тавсиф"}, \text{"амалий методлар"}, \text{"таклифлар"}\} = \{e_1, e_2, e_3\}$;

Mantiqiy funksiya $f_e = e_1 \vee e_2 \vee e_3 = 1, e_i \in [0, 1]$.

Bilimlarni tasvirlash parametrlarini shakllarini qiymatlari, bilmilar kortеji, 12 ta elementdan tashkil topadi, ya'ni $Z = \{A, O, E\} = \{a_1, a_2, a_3, a_4, o_1, o_2, o_3, o_4, e_1, e_2, e_3, 0\}$. Birinchi to'rtta element mos ravishda bilimni tasvirlashni analitik shaklini koeffitsiyenlarini qiymati, keyingi to'rttasi – obrazli shakl uchun va oxirgi to'rttasi – evristik shakli uchun. Shunday qilib har bir podkortej 4 ta elementdan tashkil topadi va hech bo'lmaganda bitta elementi 1 ga teng bo'ladi, bu esa mos ravishda kortejdagi bilimlarni tasvirlash elementlari koeffitsiyentlarini qiymatidir. Masalan, kortej (0,0,0,1,1,0,0,0,1,0,0) quyidagicha fikrni bildiradi: o'quvchi amaliy metodlarni va o'zlashtiriladigan materialni obrazli shaklda (blok-sxema ko'rinishida), hamda unga materialni so'z orqali tavsiflashsa juda yaxshi o'zlashtiradi, unga boshqa usullar metodlar zarur emas. Bilimlarni o'zlashtirish kortеji, o'qitish modeli uchun, xuddi shunday boshqa savollar va boshqa o'qituvchilar uchun ham tuziladi.

Kortejlarni birlashtirish quyidagi $N \times M$ o'lchamlik matritsani hosil qiladi, bu yerda N – o'qitish moleini parametrlarini soni, M esa – kortej qiymatini uzunligi. Barcha kortejlarni yagona M ning yagona qiymatiga keltirish talab qilinadi, buning uchun yo'q elementlarniqiymati nollar bilan to'ldiriladi. Shunday qilib biz nol va birlardan tashkil topgan matritsaga ega bo'lamiz. Bu matritsa birorta o'qitish momentidagi o'quvchining holati modelini tavsiflaydi.

Taklif qilinayotgan moslashgan (adaptiv) o'qitish tizimi, o'quvchining holati parametrlarini koeffitsiyentlar yordamida rasmiylashtirilgan matritsadan foydalanib, ta'lim oluvchiga birorta samarali o'qitish metodikasini taklif qilishi zarur. Biroq, o'qitish jarayonida, o'qitish subyektlari bo'yicha yig'ilgan axborotga mos ravishda o'qitish modelida o'zgarishlar yuz beradi, bu so'zsiz o'qitish metodikasiga ta'sir qiladi, u o'quvchi uchun beriladiga o'quv materiallarini rasmiylashtirishga javobgardir. O'qitishning optimal metodikasini tanlash masalasi o'quvchilarni klassifikatsiyalash masalasiga keltiriladi, boshqacha qilib aytganda, ta'lim oluvchi o'quvchi bilan o'qitish metodikasi o'rtasidagi moslikni o'rnatish kerak. Bunday holatda, bizningcha, o'quvchining na faqat turli vaqt momentlaridagi parametrlarini qiymatlarini emas, balki ularning o'zgarish dinamikasini ham hisobga olish muhimdir. Oddiy holatlarda bunday dinamikani parametrlarning o'zgarish tezligi (parametr funksiyalarini hosilasi) xarakterlaydi. O'qitish modelining boshqa bir muhim jihati, o'quv jarayonining smaradorligiga ta'sir qilishi – ya'ni subyekt – subyekt tipidagi munosabatlar. Bunday munosabatlar, oxir oqibatda, o'quv subyektlarining o'zaro ta'sirlarini aniqlaydi. Bunday o'zaro aloqalarga raqobatchilikni, o'zaro yordamni va boshqalarni ko'rsatish mumkin.

Shunday qilib, o'qitish modelining natijalariga asoslanib o'quvchini birorta klassga mansub etish zarur, bu klass uchun mos keladigan o'quv metodikalari va axborotlarni, o'quv materiallarini berish shakllari tanlanadi. Bular o'quvchiga predmet sohasining asosiy tushunchalari, qoidalai va muhim prinsiplarini to'liq va maksimal tezlikda yetkazish imkoniyatini yaratadi.

Qo'yilgan masala, o'quvchilarni bilim sviyalari bo'yicha o'qishni tashkil qilish uchun klassifikatsiya masalasin yechish uchun, matematik apparat sifatida, neyron to'rlaridan foydalanish taklif etiladi. Neyron to'rlari klassifikatsiya va obrazlarni anglash masalalarini yechish uchun juda qulay hisoblanadi. Qo'yilan masalaga mos keladigan neyron to'rini loyihalash jarayonini ko'rib chiqamiz.

Oxirgi o'n yilliklarda jadal suratlarda juda ko'p sohalarda faoliyatini intellektlashtirish jarayoni kechmoqda, chunonchi ta'lim

sohasida ham. Birdan bir yo'nalish – ta'lim tizimida o'quvchilarning bilim olish va olgan bilimlarini darajasini nazorat jarayonini sun'iy tafakkur yordamida avtomatlashtirish, maqsad, dastavval, o'quv jarayonini jadallashtirish, ta'lim sifatini oshirish, ta'lim dasturlariga tuzatishlar kiritish.

Intellectli avtomatlashtirilgan tizimlardan foydalanishning samaradorligi ko'p jihatdan, sistemaning konkret predmet sohasidagi turli masalalarni yechish uchun qanday o'rgatilganligiga bog'liq. Neyrotarmoq strukturalarni o'qitishga yondashishlar alaqachonlar amalga oshirilib kelinmoqda, bir qancha amaliy natijalar olingan. Biroq, bu yerda yana bitta muhim holatni, boshqa bir izlanish yo'nalishini rivojlantirish muhim deb hisoblaymiz – ta'lim pedagogikasida to'plangan o'qitishning samarali metodlari va usullaridan, o'qituvchilarning boy tajribasidan sun'iy neyron to'rlarini o'qitishda foydalanish.

Ta'lim berish va olgan bilimlarni nazorat qilish masalalarini yechishni avtomatlashtirish uchun yo'naltirilgan sun'iy neyron to'rlarini o'rganishda shuni ta'kidlash mumkinki, insonlarni o'qitish tajribalarini umumlashtirib shunga o'xshagan tarzda sun'iy neyron to'rlarini o'qitish tashkil qilinsa juda ko'p samara bergan bo'lar edi. Buning uchun, hozirgi bosqichda ancha muhim hisoblanadi o'qitishning psixologo-pedagogik jihatlarini o'rganish, izlanishlar olib borish, ma'lum darajada intellektga ega bo'lgan sun'iy intellektual tizimlarda yig'ilgan o'qitish tajribalarini tahlil qilish va yanada takomillashtirish.

Sun'iy neyron to'rlari moslashuvchan (adaptiv) o'qitish tizimlari hisoblanadi, haqiqiy jarayonlardan kerakli axborotlarni chiqarib olish qobiliyatiga ega, ularni dinamik tarzda modellashtirish juda murakkab, chunki ular juda ko'p yashirin, nazorat qilib bo'lmaydigan parametrlarga ega. Obyektning faoliyat ko'rsatish jarayonlarini matematik rasmiylashtirish, tavsiflashning yetishmasligi, maslalarni ananaiy metolar bilan yechishning o'ta darajada murakabligi, bunday holatlarda masalalarni yechish uchun neyron to'rlaridan foydalanish sezilarli dakrajada samara beradi. Neyron to'rlari faoliyat ko'rsatish jarayonida xuddi insonga o'xshab axborotlarni yig'adi, bilimlar bazasini takomillashtiradi, vaqt o'tishi bilan samaradorligi ortib boradi. Birorta predmet sohasi bo'yicha

o'rgatilgan neyron to'rlaridan foydalanish obyektini diagnostik nazorat qilish imkoniyatiga ega bo'ladi va uni tadbqiq qilish faoliyatini yanada kengaytiradi.

3.10. Neyron to'ri yordamida o'quvchining bilimini baholash

Ta'lim jarayonida o'quvchining bilimini baholashda umumiy qonuniyatlar, xuddi shunday xususiy qonuniyatlar mavjud, birorta konkret predmet sohasiga bog'liq tarzda. Birinchi qarashda, o'qitish sifatini baholashning ko'p tarqalgan tizimi klassifikatsiya masalalarini yechishdir, ya'ni natijani, o'quvchining bilim darajasini u yoki boshqa klassga mansubligini aniqlash (masalan, tipik baholash klasslari «R1-qoniqarsiz», «R2-qoniqarli», «R3-yaxshi», «R4-a'lo»). $R = \{R1 \vee R2 \vee R3 \vee R4\}$.

Bunday baholashda mumkin bo'lgan barcha holatlarni ko'rib chiqish va tahlil qilish natijasida, bir xil yechim qabul qilishni hisobga olgan holda, mantiqli fikr yuritish tizimini hosil qilamiz – neyron to'rini qurishda uni o'qitish masalasini rasmiylashtirishning asosi bo'laoladigan preddikatlarni hosil qilamiz [80-85]:

if $\Pi 1 \wedge V 1 \wedge (A1 \vee A2 \vee A3 \vee A4) \wedge (O1 \vee O2 \vee O3 \vee O4) \wedge (E1 \vee E2 \vee E3 \vee 0)$ then $(R1 \vee R2 \vee R3 \vee R4)$;

if $\Pi 1 \wedge (V2 \vee V3) \wedge (A1 \vee A2 \vee A3 \vee A4) \wedge (O1 \vee O2 \vee O3 \vee O4) \wedge (E1 \vee E2 \vee E3 \vee 0)$ then $(R1 \vee R2 \vee R3 \vee R4)$;

if $\Pi 2 \wedge (V1 \vee V2) \wedge (A1 \vee A2 \vee A3 \vee A4) \wedge (O1 \vee O2 \vee O3 \vee O4) \wedge (E1 \vee E2 \vee E3 \vee 0)$ then $(R1 \vee R2 \vee R3 \vee R4)$;

if $\Pi 2 \wedge V3 \wedge (A1 \vee A2 \vee A3 \vee A4) \wedge (O1 \vee O2 \vee O3 \vee O4) \wedge (E1 \vee E2 \vee E3 \vee 0)$ then $(R1 \vee R2 \vee R3 \vee R4)$.

U holda, masalan, birinchi mantiqiy fikr yuritish bildiradi: «Agar 1 o'qituvchi 1 savolni bilimlarni tasvirlashning biron bir analitik, obrazli va evristik metodlardan foydalanib tushuntirsa, u holda o'qitish natijasi bo'lishi mumkin yechim R1 yoki R2, yoki R3, yoki R4.

Bu yerda birinchi qadam mos neyron to'rini tanlash hisoblanadi. Neyron to'rini tanlashda biz Xopfild va Xemming modelida to'xtaldik. Bu modellar asosan assiativ xotirani tashkil qilish uchun ishlatiladi. Keyingi qadam – neyron to'rini o'qitish parametrlarini tanlashdan iborat. Sun'iy neyron to'rining kirish qatlami, bizning holatda, kortej matritsasi bilan tasvirlangan o'qitish parametrlarining to'plamiga mos keladi. Endi to'rning topologiyasini aniqlash zarur, ya'ni neyronlar soni va ular orasidagi

bog'lanishlarni. Biz bu masalani batafsil tafsilotini berib o'tirmaymiz, chunki bu manografiyalar, darsliklar, makolalarda juda yaxshi yoritilgan.

Loyihalashning keyingi bosqichi – neyron to'rini o'qitish. O'qitishning tipik shakli sifatida boshqariladigan o'qitishni, ya'ni o'qituvchini o'qitishni tanladik, bunda har bir kirish signallari naboriga, to'ning kirishiga beriladigan, mos ravishda chiqish qatlamidagi chiqish signallari nabori ma'lum. Neyron to'rini o'qitish uchun tayyorlangan ma'lumotlar naboi ikki kategoriyaga bo'lingan: birinchi kategoriya ma'lumotlarini to'rni o'qitishga mo'ljallangan, ikkinchi kategoriya ma'lumotlari o'qitilgan to'rni faoliyatini testlash uchun foydalaniladi. Neyron to'rining haqiqiy ahvoli testlash qagtida aniqlanadi, to'rning muvaffaqiyatli o'qitilganligi testlash mobaynida noto'g'ri ishlash belgilarining mavjud emasligidadir. Testlash neyron to'rining barcha holatlarini tekshirishi, normal ishlashini ko'rsatishi, o'qitish natijasida olgan bilimlarini umumlashtirish qobiliyatini baholashdan iborat. Bililarni umumlashtirish shundan iboratki, berilgan ma'lumotlar bilan masalani to'g'ri yechaoladi, bu ma'lumotlar to'rni o'qitish paytidagi ma'lumotlardan farq qilishi mumkin.

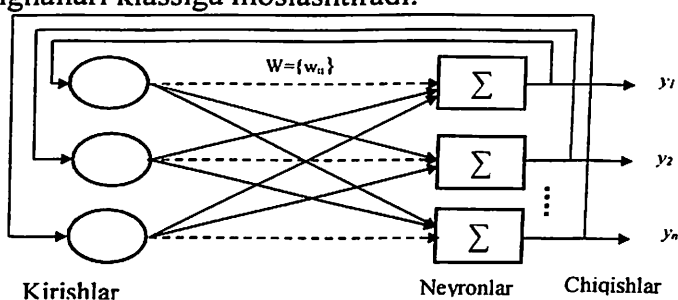
Moslashadigan (adaptiv) o'qitish masalasiga tadbiiq qilinadigan neyron to'rini faoliyatiga to'liqroq to'xtalamiz.

Aytaulik X – kirish signali, Y – neyron to'rining chiqish signali. Shunday $X \rightarrow Y$ akslantirishni qurish zarurki, unda har bir mumkin bo'lgan kirish signalini X chiqish signaliga Y to'g'ri, xatosiz rasmiylashtirsin. Akslantirish chekli juftliklar nabori ko'rinishida beriladi (<kirish>, <chiqish aniq>). Bunday juftliklarning soni (o'qitiladigan parametrlar) e'tiborli darajada kichkina kirish va chiqish signallari qiymatlarining mumkin bo'lan birlashmalari (sochetaniye) sonidan. Barcha o'qituvchi misollarning jamlanmasi neyron to'rini o'qitish tanlanmasi deb nomlanadi. Kompyuterlashgan moslashgan o'qitish masalasida X – o'qitish modeli parametrlarining nabori, Y – kod, o'qitish modelining joriy qiymatlariga mos keladigan o'qitish metodikasini aniqlaydigan.

Xopfilel modeliga asoslangan neyron to'rlarida X - konkret o'quvchiga mo'ljallangan ($N \times M$) matritsasi bilan tavsiflangan parametrlar to'plami. Demak, to'rdagi neyronlar soni – $T = N * M$. Y

– biron bir tanlangan metodikaga mos keladigan ($N \times M$) matritsasini namunasini tasvirlaydi. Bilamizki, Xopfild to‘ri T ta neyronga ega bo‘lganda taxminan $0,15 \cdot T$ ta namunani eslab qolish qobiliyatiga ega. Bizning misolimizda, $T = 5 \cdot 12 = 60$, demak namunalar soni 9 ta bo‘lishi kerak, bu esa o‘qitish jarayonida yetarlicha turli xil metodikalardan foydalanish imkonini yaratadi. Xopfild to‘rining kamchiligi shundaki, uning chiqishida o‘qitish metodikasini xarakterlovchi namunaning o‘zini olamiz, biz uchun bu ortiqcha, taklif qilinadigan o‘qitish metodikasini tipini aniqlash biz uchun kifoya qiladi. Boshqa kamchiligi to‘rda neyronlar sonining ko‘pligi, bu to‘rda natijaviy yechimni olish vaqtiga ta‘sir qilishi mumkin. Xopfild to‘rini dasturli amalga oshirish mos keladigan o‘qitish metodikasini aniqlash va o‘qitish modelining parametrlarini tajriba qilishni ta‘minlaydi. Xopfild neyron to‘rining strukturasi quyida tasvirlangan

Xemming neyron to‘rida kirish signallari X o‘qitish parametrlari naboriga mos keladi, kirish signallarini soni – $T = N \cdot M$. To‘rdagi neyronlarning soni namunalar soniga teng, ya‘ni taklif qilinadigan o‘qitish metodikalari soniga. Chiqish signallari Y namunalariga mos keladi va birlik qiymatga ega vektorni tavsiflaydi. Xemming to‘ri asosan klassifikatsiya masalasini yechadi, ya‘ni kirish signallarini chiqish signallari klassiga moslashtiradi.



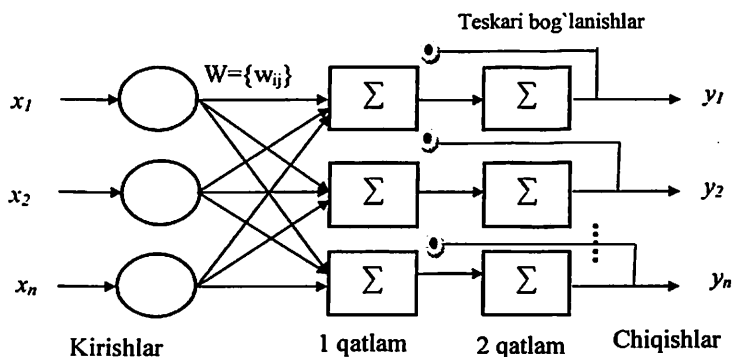
3.42-rasm. Xopfild neyron to‘rini modeli

Shunday qilib, neyron to‘rining Xopfild va Xemming modeli konkret o‘qitish subyekti uchun smarali o‘qitish metodikasini ajratib olishga imkoniyat yaratadi. Mazkur amaliy gran doirasida TATUning Urganch filialida 1-2 kurs talabalarida matematika,

informatika, fizika va ingliz tili fanlaridan tajribalar o'tkazilmoqda. Haqiqiy o'quv jarayonidagi yana bitta qiziqish shundan iboratki, bunday neyron to'ridan foydalanishni ko'p qatlamli perseptron sifatida tasavvur etish. Bu modelning asosiy yechadigan masalasi bashoratlashdir. Masalan, ko'p qatlamli perseptron modelidan foydalanib guruhlardagi talabalarning sinov sessiyalarini qanday topshirishini odindan bashorat qilish mumkin. Bunda aprior ma'lumotlar sifatida neyron to'rini o'qitish uchun oldingi, o'tgan sessiyadagi guruhlarda bo'yicha topshirilgan axborotlar qatnashadi (oldingi yillardagi axborotlardan foydalanish mumkin).

Neyrotarmoq texnologiyasi asosida ko'rib chiqilgan subyektlarni o'qitish modelidan quyidagi masalalarni yechish uchun foydalanish mumkin:

- O'qituvchi va nazorat qiluvchi kompyuterlashgan moslashuvchan tizimlarni qurish uchun;
- Sun'iy neyron to'rlarini yanada chuqurroq o'rganish va nazariyasini rivojlantirish uchun;
- Sun'iy neyron to'rlari texnologisini oliy ta'lim muasasalari faoliyatiga keng joriy qilish, xususan, talabalarining olgan bilimlarini darajasini konkret predmet sohalari, ta'lim yo'nalishlari bo'yicha baholash, bu esa o'z navbatida mos ravishda o'qitish metodikalariga tuzatishlar kiritishga asos bo'ladi.



3.43-rasm. Xemming neyron to'rini modeli

Informatika fanini o'qitishni kompyuterlashgan texnologiyalar asosida faollashtirish. Hozirgi kunda texnologiyalar xoh ishlab

chiqarishda, xoh o'quv jarayonida bo'lsin jadal rivojlanishi natijasida juda tez yangilanib bormoqda. Sun'iy yer yo'ldoshlari vositasida butun jahon raqamli teleko'rsatuvlari, butun dunyo internet olami vujudga keldi. Yangi shakllanayotgan axborotlashgan jamiyatning bir bo'lagi bo'lgan kasb-hunar kollejlari ham zamon talabi darajasida o'z faoliyatini qayta ko'rib chiqishi, zamon bilan hamnafas bo'lishi zarur. Shu boisdan ham ta'lim maskani bo'lgan kasb-hunar kollejlarning asosiy ish faoliyati bo'lgan o'quv jarayonida, tabiiyki, yangi zamonaviy kompyuter texnologiyalaridan foydalanib, boshqa fanlar qatori, informatika fanini o'qitish davr talabi hisoblanadi.

Ta'kidlash o'rinliki qabul qilingan Kadrlar tayyorlash milliy dasturi, ya'ni Ta'lim sohasini isloh qilish dasturi respublikamizda yangi jamiyat qurishning bosqichma-bosqich va tadrijiy rivojlanish prinsipiga asoslangan iqtisodiy va siyosiy islohatlarning ajralmas tarkibiy qismidir, biz uchun yo'l ko'rsatuvchi, mayoq vazifasini bajaruvchi hujjatdir.

O'qitishning an'anaviy metodlarini yoqlaydiganlar e'tiroz bildirishi mumkin, ya'ni shaxsiy kompyutersiz, axborot-kommunikatsiya texnologiyalarisiz ham juda yaxshi darajada bilim berishni tashkil qilib kelganmiz, biroq yomon natija bo'lmadiku deb. To'g'ri, an'anaviy usullarning natijalari o'z vaqtida juda yuqori bo'lgan, o'quvchilar yetarli darajada bilim, ko'nikma olishgan, bular keyingi bilim olish jarayoni uchun (oliy ta'limda) yetarli bo'lgan. An'anaviy usulda o'quv jarayonining markazida ta'lim beruvchi, o'qituvchi, o'rgatuvchi ustoz turar edi, ya'ni o'qituvchi-o'quvchi tamoyilida dars berish tashkil qilinganligi hammaga ma'lum. Biroq, endilikda, axborotlashgan jamiyat sharoitida bilim olish markazida shaxs sifatida o'quvchi turmog'i lozim, chunki o'quvchini yangi sharoitda ijodkor, faol shaxs deb qarash zarur, endi o'quvchi unga o'qituvchi tomonidan taklif qilinayotgan bilimlarni passiv qabul qiluvchi emas.

Hozirgi paytda o'quvchilarimiz bizga o'qitishda yangicha metodlarni, uslublarni, yondashishlarni qo'llashni undashyapti. Zamonaviy o'quvchi, ayrim hollarda fan o'qituvchisiga qaraganda, masalan, informatika fani bo'yicha kompyuterning imkoniyatlaridan foydalanish sohasida ancha yuqori tajribaga erishgan, malakaga ega,

ilgarilab ketgan bo'lishi mumkin, shu boisdan ham o'qituvchining an'anaviy tarzda dars berishi o'quvchini qanoatlantirmaydi. Bu bilan o'quvchining rolini oshirib, o'qituvchining rolini pasaytirish degani emas, balki, ta'lim tizimida har doim ham o'qituvchi asosiy rolni o'ynaydi, shu boisdan ham zamonaviy o'qituvchi o'z ustida tinmay muntazam ishlashi zarur, fanning metodologiyasini, konsepsiyasini to'la o'zlashtirishi, o'quvchilarga fan cho'qqilarini egallashi uchun to'g'ri yo'l ko'rsata bilishi, yo'lboshchilik qila bilishi, maslakdoshi bo'lishi darkor. Shu boisdan ham kasb-hunar kollejlari fanlarni o'qitishda, uning tarkibini, strukturasi, mazmunini yangicha motivatsiya qilish muhim masala hisoblanadi, ayniqsa mutaxassislik fanlari bo'yicha.

Yangi axborot texnologiyalarining muxim jihatlari shundan iboratki, u foydalanuvchiga tarmoqdagi (nafaqat lokal tarmoqdagi, balki korporativ va internet tarmog'idagi) axborotlar manbalarini tanlash, undan foydalanishning juda katta imkoniyatlarini taklif qiladi. Respublikamizda va undan tashqarida joylashgan oliy ta'lim va ilmiy tadqiqot markazlarining turli-tuman serverlarida, yetakchi axborot resurs kutubxonalari va markazlarida joylashgan axborot makonlaridan foydalanish mumkin. Asosan, bu internetdan foydalanish – respublikamizning mos kasb-hunar kollejlari o'rtoqlari bilan forum orqali muloqotda bo'lish, ayniqsa amaliy masalalarni yechishda ACM.TUIT.uz, ACM.ITMO.ru, Neerc.ifmo.ru\treins online tipidagi saytlardan foydalanish, dasturlash bo'yicha jahon chempionatiga o'quvchilarni tayyorlashda juda katta foyda bermoqda.

Yangi kompyuterlashgan axborot texnologiyalaridan foydalanish natijasida o'quv jarayoni individuallashadi, informatika fanini (boshqa fanlarda ham) o'zlashtirishda o'quvchilarda yangi motivlar paydo bo'ladi, o'quvchi-o'qituvchi tizimida teskari bog'lanish kuchli rol o'ynaydi, bilimlarni baholashning obyektivligi ortadi, statistik ma'lumotlarni yig'ish yengillashadi, o'quvchilarda bilimlarni o'zlashtirishning ayrim jihatlari (yaxshi, past) yaqqol namoyon bo'ladi, o'qituvchida mashg'ulot strukturasi o'zgartirish imkoniyati (o'quvchilarning dastlabki tayyorgarlik darajasiga mos ravishda) paydo bo'ladi, o'quv jarayonini differensiallashga imkon yaratadi, mavzuni, fanni o'zlashtirish darajasini oshiradi, unga

bo'lgan qiziqishni orttiradi. O'quv jarayonida kompyuter texnologiyalaridan foydalanish o'qituvchini texnikaviy va texnologik jihatdan qo'llab quvvatlaydi, o'quvchilar bilan jonli muloqot qilishi uchun anchagina vaqtni tejashga erishiladi, natijada o'quvchilar bilan bo'ladigan muloqot insoniy hamda individual tarzda, o'zaro yaqin munosabatda, usta-shogird ko'rinishida bo'ladi.

Pedagogning samarali faoliyat ko'rsatishiga yana bitta juda murakkab masala ta'sir qiladi, ya'ni, pedagog yangi sharoitlarda "g'oyaviy yo'l ko'rsatuvchi", "bilimlar dunyosining darg'asi", ulug' inson va beg'araz maslahatchilik rolini o'zida saqlab qolishi zarur. Endi pedagog quyidagi faktlar bilan kelishishga majbur: o'quvchilar kompyuter kommunikatsiyalarining imkoniyatlaridan foydalangan holda dars jarayonida berilgan vazifalarnigina emas, balki undan ham ko'p axborotlarni o'zlashtirib olishlari mumkin, hattoki, o'quvchining olgan ayrim axborotlari bo'yicha o'qituvchida tasavvur ham bo'lmasligi mumkin. Bu – yangi, zamonaviy pedagogikada normal, tabiiy holat bo'lib kompyuterlashtirish va o'qitishning yangi qirralarini xarakterlovchi paradigmalarning bevosita natijasidir. Bunday sharoitlarda pedagogdan fanni absolyut "har tomonlama bilish" (buning iloji yo'q!) talab qilinmaydi, balki hodisalarning bog'lanishlarini ongli ravishda tushuna bilishi, ularning ilmiy va hayotiy qiymatini baholay olishi zarur.

O'quv jarayonida kompyuterlashgan o'qitish texnologiyasidan foydalanishning xarakterli tomoni shundaki, o'qituvchi bunday mashg'ulotga ma'suliyatli tayyorlanishi, mavzuni tizimli tarzda tahlil qilib, strukturalashtirib, o'rganiladigan elementlarning tabiatiga mos keladigan texnikaviy va dasturiy vositalarni oldindan tuzilgan reja (ssenariy) asosida namoyish qilish va tushuntirish uchun sozlab, taxlab qo'yishi zarur.

Shunday qilib, mashg'ulotlarda kompyuter texnologiyalaridan foydalanish informatika fanini o'qitishni, o'zlashtirishni anglab yetishning yangi qirralarini ochib beradi va o'qituvchida dars mashg'ulotlarini olib borishda yangi sifat darajalariga erishishiga ko'maklashadi.

Talabning bilimni nazorat qilishda neyrotarmoq texnologiyasining roli. Bilimni baholashning mumtoz tizimi doimo jamiyatning turli qatlamlarining juda katta e'tiborida bo'lgan, bu

shaxsning juda ko'p sifatlarini baholashning o'lchov birligi bo'lib hisoblangan, mansab pog'onalariga ko'tarilishga ta'sir qilgan, tag'dirlash o'lchovi, mezoni bo'lib xizmat qilgan (ayniqsa bolalar uchun). Ma'lumoti haqidagi rasmiy hujjat, diplomga o'qish davrida olgan baholari ko'rsatilgan ilova berilgan.

Ilmiy nuqtai nazardan hozirgi paytdagi o'quvchining bilimni baholash tizimi uzoq yillar davomida shakllangan va rivojlangan ko'p kriteriyalik tizim hisoblanadi. Shu boisdan ham mazkur baholash tizimi o'quvchining bilimni baholashda uning kasbiy faoliyatga tayyorgarligi, ishbilarmonlik va ma'naviy sifatleri, hamda uning komil inson bo'lib rivojlanish darajalari hisobga olinadi. Mazkur baholash tizimini tahlil qilish natijasida, unda o'quvchining olgan bilimni darajasini baholash uchun bir qancha amaliy kriteriyalarni ajratib ko'rsatish mumkin. O'quvchi tomonidan bajariladigan har bir topshiriq, yechiladigan masala birorta nisbatan taqribiy yondashish natijasida juda ko'p mayda, sodda topshiriqlar to'plamiga ajratilish mumkin. Natijada ularni baholash (sodda topshiriqlar majmui bo'yicha) uchun binar usullardan yoki boshqa birorta ko'p kriteriyali usullardan foydalanish imkoniyati tug'iladi. O'quvchining umumiy, yakuniy bahosi har bir sodda topshiriqlarning vazn koeffitsiyentlarini hisobga olgan holda baholangan barcha baholalarning umumiy yig'indisi ko'rinishida tavsiflanadi.

Umuman olganda, mutaxassisning bilim darajasini baholash bo'yicha barcha ishlar har bir yo'nalish va turli holatlar bo'yicha testlash natijasida olingan axborotlarni tahlil qiqlishdan boshlanadi, bularning hammasi o'quvchining faoliyati bilan bog'liq yoki unga qandaydir ta'sir ko'rsatadi. Bir qator mutaxassisliklarda yana shunday axborotlarni hisobga olishadi, ya'ni yashash joyidagi hatti-harakatlarini xarakterlovchi, oldingi ishlagan joyidagi xarakteristikalarini, oilaviy munosabatlarini, maxsus testlash natijalarini. Keyinchalik, mutaxassisni biror muddatdagi faoliyatini maxsus testlab borish natijasida axborotlar oqimi ortib boradi. Axborotlar turli manbalardan turlicha axborot kanallaridan kelaboshlaydi, axborotlar qarama-qarshiligi, bir-birini istisno qilish, cheklanganligi, ishonchliligi, haqiqiylik darajasi bilan xarakterlanadi.

O'quvchining bilim darajasini aniqlash maqsadida barcha axborotlarni jamlashtirish va tahlil qilish juda murakkab masala hisoblanadi, chunki testlanayotgan mutaxassis bo'yicha barcha jamlangan axborotlarni ifodalovchi model aniq emas. Tajriba statistik korrelyatsion tahlil, ehtimollik metodlari bunday masalani to'liq yechimini olishga qodir emas. Mavjud bo'lgan barcha tajribalar (mavjud axborotlar) asosida testlanayotgan mutaxassisning holatini ifodalovchi model neyron paketlaridan foydalanish hisobiga amalga oshirilishi mumkin. Neyron dasturlarining amaliy paketlaridan foydalanishda asosan neyron to'ringing arxitekturasini va o'qitish protsedurasini tanlash muhim hisoblanadi. Neyron to'rini o'qitish protsedurasini amalga oshirishda o'qitishni tanlashni shakllantirishni ajratib ko'rsatishimish mumkin, chunki taklif qilinayotgan neyron paketlarida sozlash va vazn koeffitsiyentlariga tuzatishlar kiritish protsedurasi o'qitish bosqichida rasmiylashtirilgan bo'ladi.

Neyron to'rlari (tarmoqlari) deganda inson miyasida kechadigan assotsiativ jarayonlarni, oddiy biologik jarayonlarni modellashtiruvchi hisoblash strukturalari tushuniladi. Neyron to'rlari taqsimlangan parallel tizimlar ko'rinishida bo'lib, ijobiy va salbiy ta'sirlarni tahlil qilish yo'li bilan adaptiv o'qitishga moslashgan. Bunday to'rlardagi elementar o'zgartirishlarni amalga oshiruvchini, biologik o'xshashlik nuqtai nazaridan, sun'iy neyron yoki odatda neyron deb atashadi.

Bilimni nazorat qilish uchun yaratilgan intellektual tizimning amaliy qiymatini yuksakligi bilan bir qatorda, insonni shunday o'xshash masalalarni yechishga o'rgatishdagi barcha o'zaro bog'lanishlarni hisobga olgan holda sun'iy tizimlarni o'qitish protseduralarini amalga oshiruvchi barcha jabhalarini ilmiy o'rganish, izlanishlar olib borish juda muhim metodik masala hisoblanadi. Pedagogika ilmida o'qitish o'z o'rnini topgan va juda keng ishlatiladigan termindir. O'qitish deganda ta'lim olishning asosiy yo'lini, pedagoglar, masterlar (ustalar), ustozlar va boshqalar rahbarligida bilimlarni, bajaraolishni va ko'nikmalarni egallash jarayoni tushuniladi. Ta'lim olish mobaynida o'quvchi ijtimoiy tajribani o'zlashtiradi, obyektiv borliqqa bo'lgan qimmatli-emotsiyali munosabatlari shakllanadi. Xuddi shunday "o'qitish"

termini sun'iy intellekt tizimlarini qurish amaliyoti va nazariyasida ham o'z o'rnini topgan va undan foydalanishmoqda.

Keyingi o'n yillar mobaynida xalq xo'jaligining turli sohalaridagi ish faoliyatlarini, shuningdek ta'lim sohasida ham, intellektlashtirish jarayoni jadal sur'atlarda olib borilmoqda. O'quvchini o'qitish va uning olgan bilimlarini nazorat qilish jarayonini avtomatlashtirishdan iboratdir, buning uchun dastavval o'quv jarayonini jadallashtirish, ta'lim berish sifatini oshirish, o'quv dasturlariga maqsadli tuzatishlar kiritish zarur.

Intellektli tizimlarning samaradorligi ko'p jihatdan bu tizimning o'zi qanday o'qitilgan, u turli masalalarni yechishga mo'ljallanganligi bilan aniqlanadi. Neyrotarmoq strukturalarni o'qitish bo'yicha juda ko'p yondashuvlar mavjud, anchagina amaliy natijalar olingan. Biroq shunga qaramasdan yana bitta muhim yo'nalish bor – pedagogika ilmida yig'ilgan o'qitishning metodlari, metodikalari va uslublaridan foydalanish, pedagogik tajribalarni, ishlanmalarni o'quv jarayonida keng foydalanilayotgan sun'iy neyron tizimlarini o'qitishga tadbiiq qilish zarur.

O'quvchining bilim olishi va olgan bilimni nazorat qilishni avtomatlashtirish masalasini yechish uchun mo'ljallangan sun'iy neyron to'rlaridan foydalanish bo'yicha izlanishlarda ta'kidlashadiki, biologik neyron to'rlariga ega bo'lgan insonlarni o'qitish tajribalarini umumlashtirib sun'iy neyron to'rlarini o'qitishni tashkil qilish uchun analog sifatida foydalanish ancha qulayliklar yaratishi mumkin. Buning uchun axborot kommunikatsiya texnologiyalari sharoitida o'qitishning pedagogik-psixologik jabhalarida izlanishlar olib borish juda muhim hisoblanadi, chunki hozirgi paytda ma'lum darajadagi intellektga ega bo'lgan sun'iy neyron to'rlaridan ta'lim jarayonida xuddi mutaxassisday foydalanish tajribalari anchagina yig'ilgan.

Sun'iy neyron to'rlari asosan dinamik modellashtirish qiyin kechadigan, ya'ni juda ko'p yashirin nazorat qilib bo'lmaydigan parametrlarga ega bo'lgan real jarayonlardan kerakli axborotlarni keltirib chiqaraoladigan moslashgan o'qitish tizimlari hisoblanadi. Neyron to'rlaridan faoliyat ko'rsatayotgan obyektlarni matematik tavsifini ananaviy metodlar bilan ifodalash mumkin bo'lmagan yoki yechimini olib bo'lmaydigan murakkab masalalarni yechish uchun

foydalanish mumkin. Neyron to‘rlari ishlash jarayonida axborotlarni to‘playdi, xuddi insonga o‘xshab esida saqlab qoladi, va vaqt o‘tishi bilan uning samaradorligi ortib boradi. O‘qitiladigan neyron to‘rlaridan foydalanish obyektini nazorat qilishning obyektivligini ta‘minlaydi va uning imkoniyatlarini kengaytiradi.

Ta‘lim sifatini baholash umumiy va xuddi shunday xususiy qonuniyatlarga ega, bu esa konkret qo‘llanilish sohasi bilan aniqlanadi. Birinchi qaraganda bu masala oddiydek ko‘rinadi, o‘qitish sifatini baholashning ancha ko‘p tarqalgan tizimi, klassifikatsiya masalasi hisoblanadi, ya‘ni o‘quvchining bilimi baholashning u yoki bu sinfiga mansubligi aniqlanadi (masalan, baholashning tipik sinflari «R1-qoniqarli emas», «R2-qoniqarli», «R3-yaxshi», «R4-a‘lo»). $R = \{R1 \vee R2 \vee R3 \vee R4\}$.

Mumkin bo‘lgan barcha holatlarni ko‘rib chiqish va tahlil qilish natijasida, yechimlarning bir xilligini hisobga olgan holda mantiqiy fikrlarning tizimini olamiz – predikatlar tizimi neyron to‘rlarini qurishda o‘qitish masalasini rasmiylashtirish uchun asos bo‘lib xizmat qiladi:

if $\Pi1 \wedge I1 \wedge (A1 \vee A2 \vee A3 \vee A4) \wedge (O1 \vee O2 \vee O3 \vee O4) \wedge (E1 \vee E2 \vee E3 \vee 0)$ then $(R1 \vee R2 \vee R3 \vee R4)$;

if $\Pi1 \wedge (V2 \vee V3) \wedge (A1 \vee A2 \vee A3 \vee A4) \wedge (O1 \vee O2 \vee O3 \vee O4) \wedge (E1 \vee E2 \vee E3 \vee 0)$ then $(R1 \vee R2 \vee R3 \vee R4)$;

if $\Pi2 \wedge (V1 \vee I2) \wedge (A1 \vee A2 \vee A3 \vee A4) \wedge (O1 \vee O2 \vee O3 \vee O4) \wedge (E1 \vee E2 \vee E3 \vee 0)$ then $(R1 \vee R2 \vee R3 \vee R4)$;

if $\Pi2 \wedge V3 \wedge (A1 \vee A2 \vee A3 \vee A4) \wedge (O1 \vee O2 \vee O3 \vee O4) \wedge (E1 \vee E2 \vee E3 \vee 0)$ then $(R1 \vee R2 \vee R3 \vee R4)$.

Bu yerda, masalan, birinchi mantiqiy ifodaning mazmuni: «Agar o‘qituvchi 1, 1-savolni mos ravishda analitik, obrazli va bilimlarni evristik tavsiflash metodlari bilan tushuntirsa, u holda o‘qitish natijasi R1 yoki R2, yoki R3, yoki R4 bo‘ladi.

XULOSA

Pedagogika fanining tajribalarini umumlashtirish Sun'iy intellektli tizimlarni, neyron to'rlarini, o'qitish nazariyasining ilmiy-metodologik apparatini yanada, juda ko'p boyitishi mumkin. Bundan tashqari Sun'iy neyron to'rlarini o'qitish protseduralarini shakllantirishda o'quvchining psixologik-pedagogik jihatlarini mantiq tamoyillari asosida detallashtirish masalalarini qayta ko'rib chiqish, takomillashtirish zarur.

Yangi kompyuterlashgan, neyrotexnologiyaga asoslangan axborot texnologiyalaridan foydalanish natijasida o'quv jarayoni individuallasadi, informatika fanini (boshqa fanlarda ham) o'zlashtirishda o'quvchilarda yangi motivlar paydo bo'ladi, o'quvchi-o'qituvchi tizimida teskari bog'lanish kuchli rol o'ynaydi, bilimlarni baholashning obyektivligi ortadi, statistik ma'lumotlarni yig'ish yengillashadi, o'quvchilarda bilimlarni o'zlashtirishning ayrim jihatlarini (yaxshi, past) yaqqol namoyon bo'ladi, o'qituvchida mashg'ulot strukturasi o'zgartirish imkoniyati (o'quvchilarning dastlabki tayyorgarlik darajasiga mos ravishda) paydo bo'ladi, o'quv jarayonini differensiallashga imkon yaratadi, mavzuni, fanni o'zlashtirish darajasini oshiradi, unga bo'lgan qiziqishni orttiradi. O'quv jarayonida kompyuterlashgan zamonaviy neyro texnologiyalaridan foydalanish o'qituvchini texnikaviy va texnologik jihatdan qo'llab quvvatlaydi, o'quvchilar bilan jonli muloqot qilishi uchun anchagina vaqtni tejashga erishiladi, natijada o'quvchilar bilan bo'ladigan muloqot insoniy hamda individual tarzda, o'zaro yaqin munosabatda, usta-shogird ko'rinishida bo'ladi.

Pedagogning samarali faoliyat ko'rsatishiga yana bitta juda murakkab masala ta'sir qiladi, ya'ni, pedagog yangi sharoitlarda "g'oyaviy yo'l ko'rsatuvchi", "bilimlar dunyosining darg'asi", ulug' inson va beg'araz maslahatchilik rolini o'zida saqlab qolishi zarur. Endi pedagog quyidagi faktlar bilan kelishishga majbur: o'quvchilar kompyuter kommunikatsiyalarining imkoniyatlaridan foydalangan holda dars jarayonida berilgan vazifalarnigina emas, balki undan ham ko'p axborotlarni o'zlashtirib olishlari mumkin, hattoki, o'quvchining olgan ayrim axborotlari bo'yicha o'qituvchida tasavvur ham bo'lmasligi mumkin. Bu – yangi, zamonaviy

kompyuterlashgan o'qitish pedagogikada normal, tabiiy holat bo'lib kompyuterlashtirish va o'qitishning yangi qirralarini xarakterlovchi paradigmalarning bevosita natijasidir. Bunday sharoitlarda pedagogdan fanni absolyut "har tomonlama bilish" (buning iloji yo'q!) talab qilinmaydi, balki hodisalarning bog'lanishlarini ongli ravishda tushuna bilishi, ularning ilmiy va hayotiy qiymatini baholay olishi zarur.

O'quv jarayonida kompyuterlashgan o'qitish texnologiyasidan foydalanishning xarakterli tomoni shundaki, o'qituvchi bunday mashg'ulotga ma'suliyatli tayyorlanishi, mavzuni tizimli tarzda tahlil qilib, strukturalashtirib, o'rganiladigan elementlarning tabiatiga mos keladigan texnikaviy va dasturiy vositalarni oldindan tuzilgan reja (ssenariy) asosida namoyish qilish va tushuntirish uchun sozlab, taxlab qo'yishi zarur.

Shunday qilib, mashg'ulotlarda kompyuterlashgan neyrotexnologiyalaridan foydalanish barcha fanlarni, chunonchi informatika fanini o'qitishni, o'zlashtirishni anglab yetishning yangi qirralarini ochib beradi va o'qituvchida dars mashg'ulotlarini olib borishda yangi sifat darajalariga erishishga ko'maklashadi.

Neyrotarmoq texnologiyasi asosida ko'rib chiqilgan subyektlarni o'qitish modelidan quyidagi masalalarni yechish uchun foydalanish mumkin:

- O'qituvchi va nazorat qiluvchi kompyuterlashgan moslashuvchan tizimlarni qurish uchun;
- Sun'iy neyron to'rlarini yanada chuqurroq o'rganish va nazariyasini rivojlantirish uchun;
- Sun'iy neyron to'rlari texnologisini oliy ta'lim muasasalari faoliyatiga keng joriy qilish, xususan, talabalarning olgan bilimlarini darajasini konkret predmet sohalari, ta'lim yo'nalishlari bo'yicha baholash, bu esa o'z navbatida mos ravishda o'qitish metodikalariga tuzatishlar kiritishga asos bo'ladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Harakatlar strategiyasi asosida jadal taraqqiyot va yangilanish sari. – Toshkent: G'.G'ulom nomidagi NMIU, 2017. – 70 b.
2. 2017 — 2021 yillarda O'zbekiston Respublikasini rivojlantirishning beshta ustuvor yo'nalishi bo'yicha harakatlar strategiyasi. – Toshkent sh., 2017 yil 7 fevral, PF-4947-son.
3. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining qarori. Oliy ta'lim tizimini yanada rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida, PQ 2909 – son, Toshkent sh., 2017, 20 aprel (*O'zbekiston Respublikasi qonun hujjatlari to'plami, 2017 y., 18-son, 313-modda, 19-son, 335-modda, 24-son, 490-modda, 37-son, 982-modda*)
4. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 3-maydagi "Iqtidorli yoshlarni aniqlash va yuqori malakali kadrlar tayyorlashning uzliksiz tizimini tashkil etish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PQ-4306-son Qarori/www.lex.uz.
5. O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 2010 yil 26 fevraldagi "Uzliksiz ta'limni rivojlantirish bo'yicha ustivor ilmiy-tadqiqotlarni jadallashtirish to'g'risida"gi 92-son buyrug'i. – T.: 2010.
6. O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi tomonidan ta'lim yo'nalishi 5330100-Axborot tizimlarining matematik va dasturiy ta'minoti bo'yicha 2018 yil 8-avgustda ro'yxatga olingan № BD-5330100-2.04-sonli dasturiy injiniring fani o'quv dasturi
7. Стюарт Рассел, Питер Норвиг. «Искусственный интеллект: современный подход».
8. Материалы лекций курса «Искусственный интеллект и его индустриальные приложения» Национального института науки и технологии Тайваня.
9. <https://idtm.uz/suniy-intellekt/> А.Атабеков.
10. <https://loginom.ru/blog/ga-math>
11. <https://www.brainz.org/15-real-world-applications-genetic-algorithms/>
12. Buontempo, Frances. Genetic algorithms and machine learning for programmers: create AI models and evolve solutions. Pragmatic Bookshelf, 2019.
13. Джон Х. Холланд. Генетические алгоритмы. "В мире науки", 1992

14.Hornby, Gregory, et al. "Automated antenna design with evolutionary algorithms." Space 2006. 2006. 7242.

15.Darrel Whitley "A Genetic Algorithm Tutorial", 1993.

16.F.Herrera, M.Losano, A.M.Sanches. "Hybrid Crossover Operators for Real-Coded Genetic Algorithms: An Experimental Study".

17.Guennoun, Z., and F. Hamza. "Stocks portfolio optimization using classification and genetic algorithms." Applied Mathematical Sciences 6.94 (2012): 4673-4684.

18.Блок-схема: intuit.ru

19.<https://xabar.uz/439s> тараккиет стратегияси маркази материаллари

20.<https://strategy.uz/index.php?news=1198> тараккиет стратегияси маркази материаллари

21.<https://mininnovation.uz/uz/news/2471> Инновацион ривожланиш вазирлиги. Таълим тизимини ривожлантириш бўлими материаллари.

22.Yusupov F., Ashirova A.I., Xo'jayev O. Ta'limda intellektual tizimlarning neyrotarmoq texnologiyasi metodlarining asoslarini yaratish haqida // «Visokiye texnologii i perspektivi integratsii obrazovaniya, nauki i proizvodstva»: Materiali mejdunarodnoy nauchno-texnicheskoy konferensii. – Tashkent, TXTI, 2006. –B.52-54.

23.Kallan, Robert. Osnovniye konsepsii neyronnix setey.: Per.s angl. – M.: Izdatelskiy dom Vilyams, 2001. – 286 S.

24.Krisilov V.A., Kondratyuk A.V. Preobrazovaniye vxodnix dannix neyroseti s selyu uluchsheniya ix razlichimosti. <http://neuroshool.narod.ru/>

25.Krisilov V.A., Chumichkin K.V. Uskorennoye obucheniye neyronnix setey za schet adaptivnogo uprosheniya obuchayushey viborki. <http://neuroshool.narod.ru/>

26.Anikeyev M.V., Babenko L.K., Makarevich O.B. Obzor sovremennix tipov neyronnix setey.- Kiyev: Radioelektronika, informatika, upravleniya, № 1, 2001. – S. 48-56

27.Gorban A., Rossiye D. Neyronniye seti na personalnom kompyutere.//Novosibirsk: Nauka, 1996.

28.Terexov S.A. Texnologicheskiye aspekti obucheniya neyrosetevix mashin.//Leksii dlya VIII Vserossiyskoy nauchno-texnicheskoy konferensii «Neyroinformatika – 2006» /

<http://neuroschool.narod.ru/>.

29. Metodi neyroinformatiki/Pod red.A.N.Gorbanya, KGTU, Krasnoyarsk, 1998. – 205 S.

30. Anil K. Jain, Jianchang Mao, K.M. Mohiuddin _Artificial Neural Networks: A Tutorial, Computer, Vol.29, No.3, March/1996, pp. 31-44. (Per.rus.)

31. Dubrovin V.I., Subbotin S.A. Algoritm uskorenogo obucheniya perseptronov// VIII Vserossiyskoy nauchno-texnicheskoy konferensii «Neyroinformatika – 2002»/ <http://neuroschool.narod.ru/>

32. Krug P.G. Neyronniye seti i neyrokompyuteri: Uchebnoye posobiye po kursu «Mikroprotsessori». – M.: Izdatelstvo MEI, 2002. – 176 s.

33. Sarayev, P.V. Neyroseteviyе metodi iskusstvennogo intellekta: uchebnoye posobiye/ P.V. Sarayev.– Lipetsk: LGTU, 2007.– 64 s.

34. Voronsov K. V. Matematicheskiye metodi obucheniya po pretsedentam (teoriya obucheniya mashin)/www.MachineLearning.ru.

35. Barskiy A. B. Neyronniye seti: raspoznavaniye, upravleniye, prinyatiye resheniy. — M.: Finansi i statistika, 2004. — 176 s

36. Neyronniye seti: Istoriya razvitiya teorii / Pod red. A.I. Galushkina, Y.Z. Sipkina. Nauch. Ser. «Neyrokompyuteri i ix primeneniye». Kn. 5. – M.: IPRJR, 2001.

37. Galushkin A.I. Teoriya neyronnix setey. Ser. «Neyrokompyuteri i ix primeneniye». Kn. 1. – M.: IPRJR, 2000.

38. Komashinskiy V.I., Smirnov D.A. Vvedeniye v neyroinformatsionniye texnologii. — SPb.: Tema, 1999.

39. Krugloye V.V., Borisov V.V. Iskusstvenniye neyronniye seti. Teoriya i praktika. — M.: Goryachaya liniya — Telekom, 2001.

40. Kolsov Y. V. Dobrovolskaya N. Y. Neyroseteviyе modeli v adaptivnom kompyuternom obuchenii/ Educational Technology & Society 5(2) 2002.

41. Barskiy A.B. Obucheniye neyroseti metodom trassirovki//Trudi VIII Vseross. Konf. «Neyrokompyuteri i ix primeneniye», 2002.

42. Golovko VL. Neyronniye seti: obucheniye, organizatsiya i primeneniye / Pod red. A.I. Galushkina. Nauch. Ser. «Neyrokompyuteri i ix primeneniye». Kn. 4. – M.: IPRJR, 2001.

43. Vasenkov D.A. Metodi obucheniya iskusstvennix neyronnix setey/ Kompyuterniye instrumenti v obrazovanii. № 1, 2007. – s. 20-29.

44. Bogdanov V.I., Nesterov YE.P., Pak A.P. Energeticheskiy podxod k modelirovaniyu neyronov rekurrentnoy seti: Sb. dokl. V Vserossiyskoy konferentsii «Neyrokomp'yuteri i ix primeneniye». – M.: Radio i svyaz, 1999. – 361 s.

45. V.I. Alekseyev, A.V. Maksimov. Ispolzovaniye neyronnix setey s dvuxmernimi sloyami dlya raspoznavaniya graficheskikh obrazov // VIII Vserossiyskaya konferentsiya «Neyrokomp'yuteri i ix primeneniye». Sbornik dokladov. M.: 21-22 marta 2002g. S.69-72.

46. Ignatushenko V.V. Organizatsiya struktur upravlyayushix mnogoprotsessornix vichislitelnix sistem. – M.: Energoatomizdat, 1984.

47. Barskiy A.B. Parallelniye protsessi v vichislitelnix sistemax: Planirovaniye i organizatsiya. — M.: Radioisv'yaz, 1990.

48. Barskiy A.B. Parallelniye texnologii i resheniya optimizatsionnix zadach. — Prilojeniya k jurnalnuyu «Informatsionniye texnologii». -2001.-№2.

49. Komashinskiy V.I., Smirnov D.A. Neyronniye seti i ix primeneniye v sistemax upravleniya svyazi. – M.: Goryachaya liniya. – Telekom, 2002. – 94 s.

50. Komarsova L.G., Maksimov A.V. Neyrokomp'yuteri: Ucheb.posobiye dlya vuzov. – M.: Izd-vo MGTU im. N.E.Baumana, 2002. – 320 s.

51. Sigankov V.D. Neyrokomp'yuter i mozg. Uchebnoye posobiye. Seriya «Informatizatsiya Rossii v XXI vek». – M.: SINTEG, 2001. – 248 s.

52. Atanov G.A., Loktyushin V.V. Freymovaya organizatsiya znaniy v intellektualnoy obuchayushey sisteme // Educational Technology & Society 4(1) 2000, pp. 137-149.

53. Bepalko V.P. Pedagogika i progressivniye texnologii obucheniya. – M.: Izd. Instituta prof. Obr. Rossii, 1995. – 336s.

54. Kruglov V.V., Borisov V.V. Iskusstvenniye neyronniye seti. – M.: Goryachaya liniya – Telekom, 2009.

55. Frolov Y.V. Intellektualniye sistemi i upravlencheskiye resheniya. – M., 2006. – 293s.

56. Galushkin A.I. Neyrokomp'yuteri. Kn.3: Ucheb.posobiye dlya vuzov/Obshaya red.A.I.Galushkina. – M.: IPRJR, 2000. – 528. –s.

57. Neyromatematika. Ucheb.posobiye dlya vuzov/Agayev A.D., Baluxto A.N., Bichkov A.V. i dr.: Obshaya red. A.I.Galushkina. – M.: IPRJR, 2002. – 448 s.

58. Korneyev V.V. Parallelniye vichislitelniye sistemi. – M.: «Nolidj», 199. – 320 s.

59. Kompyuterniye sistemi i seti: Ucheb.posobiye/V.P.Kosarev i dr./Pod red.V.P.Kosareva i L.V.Yeremina. – M.: Finansi i statistika, 1999. – 464 s.

60. Sigeru Omatu. Neyroupravleniya i yego prilojeniY. Kn.2./Sigeru Omatu, Marzuki Xalid, Rubin Yusof; Per. s angl. N.V.Batina; Pod red. A.I.Galushkina, V.A.Ptichkina. – M.: IPRJR, 2000. – 272 s.

61. Galushkina A.I. Teoriya neyronnix setey. Kn.1: Ucheb.posobiye dlya vuzov/Obshaya red.A.I.Galushkina. – M.: IPRJR, 2000. – 416 s.

62. Kruglov V.V., Borisov V.V. Iskustvenniye neyronniye seti. Teoriya i praktika. – M.: Goryachaya liniY. – Telekom, 2001. – 382 s.

63. Kallan, Robert. Osnovniye konsepsii neyronnix setey.: Per.s angl. – M.: Izdatelskiy dom «Vilyams», 2001. – 286 s.

64. Kolsov Y.V., Dobrovolskaya N.Y., Podkolzin V.V. Metamodel kompyuternoy sistemi obucheniY. //Sovremenniye problemi shkolnoy i vuzovskoy pedagogiki. Krasnodar, KubGU, 1998.

65. Rudkovskaya D., Pilinskiy M., Rudkovskiy L. Neyronniye seti, geneticheskiye algoritmi i nechetkiye sistemi: Per. s polsk. I.D. Rudinskogo. – M.: Goryachaya liniY. – Telekom, 2006. – 452 s.

66. A.I.Ashirova. Elektron darslikning nazorat tizimi uchun test tayyorlovchi dasturiy qobiq yaratish // Fizika, matematika va informatika. – Toshkent, 2008. – № 6. – B.88-91

67. Ashirova A.I., Yusupov D. Kompyuter texnologiyalari o'qitishning shakl va metodlari sifatida // "Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari" ilmiy-texnik konferensiya ma'ruzalari to'plami. – Toshkent, TATU, 2008. – B.103.

68. Юсупов Д.Ф. Компьютерное обучение предмета строительных материалов на основе нейросетевых технологии//Вестник Киргизского ГУСТА. – Бишкек, 2013. – №3(41). – С. 49-53.

69. Razzakov. B. "Informatika va AT" fanini "Algoritm lash asoslari va dasturlashtirish" bo'limini o'qitishda mantiqiy-sxemadan foydalanish metodikasi" Informatika va axborot texnologiyalari fanidan o'quv-uslubiy qo'llanma. – Urganch, UrDU, 2011. – 84 B.

70. Razzakov. B., Yusupov D.F. Talabani mustaqil bilim olish jarayonini fanning grafsemantik modeli asosida faollashtirish (informatika fani misolida). Arxitektura va qurilish ta'limi muammolari. I ilmiy-uslubiy seminar to'plami.- Toshkent, TAQI, 2011 28-aprel. 90-95 B.

71. Yusupov D.F. Kompyuternaya texnologiya obucheniya i operejayushaya podgotovka studentov i prepodavateley na osnove logicheskoy graf-semanticheskoy modeli dissiplini/ «fan, ta'lim va ishlab chiqarish integratsiyasini axborot kommunikatsiya texnologiyalari asosida rivojlantirish muammolari» respublika ilmiy-amaliy anjuman materiallari. TATU Qarshi filiali, 2012 yil 14-15 mart.

72. Ashirova A.I., Yusupov D.F. Kasbiy ta'lim (axborot texnologiyalari) bakalavrlarini tayyorlashda neyrotarmoq texnologiyasi metodlaridan foydalanish./ "Raqobatbardosh kadrlar tayyorlashga innovatsion yondashuv" mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi materiallari to'plami. Namangan: NamMPI, 2012 yil, 1 qism, 268 b. (227-229 b.)

73. Ashirova A.I., Yusupov D.F. Ta'limda neyrotarmoq texnologiyasi metodlaridan foydalanish./ «Arxitektura va qurilish sohasi uchun kadrlar tayyorlash muammolari» respublika ilmiy-amaliy konferensiya to'plami – Nukus, QDU, 2012 yil -287b. (30-31 b.)

74. Yusupov D.F., Ashirova A.I., Yusupov F. Fanni tarkibini mantiqli strukturalashtirish asosida intellektli integrallashgan o'qitish tizimini ilmiy-uslubiy asoslarini yaratish/«Arxitektura va qurilish sohasi uchun kadrlar tayyorlash muammolari» respublika ilmiy-amaliy konferensiya to'plami – Nukus, QDU, 2012-287b. (123-125 b.)

75. Yusupov F., Yusupov D.F., Razzakov B. Povisheniye effektivnosti izucheniya kursa informatika na osnove strukturalogicheskoy graf sxemi dissiplini/ Vissheye obrazovaniye segodny. – M.: 2011, №11. – S. 46 – 49.

76. Лебедев И.А. Методика отбора содержания обучения будущих учителей информатики конструированию компиляторов: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. – СПб., 1996. – 19 С.

77. Юсупов Д.Ф. Адаптивное обучение предмета информатика на основе нейросетевых технологии// "XXI аср – интеллектуал-инновацион го'ялар асри", Республика илмий-амалий семинар материаллари. – Тошкент: ЎзМУ, 2014. – Б. 10-14.

78. Юсупов Д.Ф. Адаптивное обучение предмета основы программирования на основе нейронных сетей//“Перспективы эффективного развития информационных технологий и телекоммуникационных систем”. Республиканская научно-техническая конференция. – Ташкент, ТУИТ, 2014. – Часть 4. – С. 167-169.

79. Юсупов Д.Ф. Нейрон тўрлари ва ундан ўқув жараёнида фойдаланиш муаммолари. Монография. – Урганч: “УрДУ”, 2018. – 126 Б.

80. Юсупов Д.Ф. Нейросетевые технологии адаптивного обучения и контроля знаний студентов по курсу основы программирования//Молодой ученый. – Россия, 2014. – №5(64). – С. 779-783.

81. Юсупов Д.Ф. Олий таълим муассасида таълим сифатини баҳолаш бўйича ахборот-аналитик тизимни яратишда суний нейрон тўрларини қўллаш//“Илмий ва илмий-педагогик кадрлар тайёрлаш-юксак билимли ва интеллектуал ривожланган авлодни тарбиялашнинг энг муҳим асоси” Республика илмий амалий конференцияси материаллари. – Урганч, 2015. – Б. 70-73.

82. Юсупов Д.Ф. Нейрон тўрлари ва ундан ўқув жараёнида фойдаланиш муаммолари. Монография. – Урганч: “УрДУ”, 2018. – 126 Б.

83. Юсупов Д.Ф. Талабанинг билимини назорат қилишда нейрон тўрларидан фойдаланиш//Молодой учёный. – Россия, 2016. – № 29.3(133.3). – С. 68-71.

84. Юсупов Д.Ф. Таълим сифатини таҳлил қилишнинг ахборотлашган тизимини яратишда суний нейрон тўрларини қўллаш// Илм сарчашмалари. – Урганч, 2018. - № 2. – Б. 73-76. (13.00.00 № 31 (2019)).

85. Юсупов Д.Ф. Ўқувчининг билимини назорат қилишни автоматлаштиришда нейротармоқ технологиясининг роли//“Абу Райхон Бериунинг жаҳон илм-фани тараққиётига қўшган ҳиссаси. Бериуний издошдарининг замонавий тадқиқотлари”, Республика илмий-амалий анжумани. – Урганч, УрДУ, 2013. – Б. 130-133.

MUNDARIJA

Kirish	3
I BOB. SUN'IY INTELLEKT, UNING ALGORITMLARI	6
1.1. Sun'iy intellekt texnologiyalari.....	6
1.2. Sun'iy intellektning algoritmlari.....	9
1.3. Sun'iy intellekt. Genetik algoritmi.....	18
1.4. Sun'iy intellekt – to'rtinchi sanoat inqilobining asosi.....	22
1.5. Ta'limni rivojlantirishda sun'iy intellektning o'rni.....	27
II BOB. NEYRON TO'RLARINI TARIXI VA UNING ASOSIY KOMPONENTALARI	33
2.1. Sun'iy neyron to'rlari.....	33
2.2. Sun'iy neyron modeli.....	43
2.3. Sun'iy neyron to'rlarini o'qitish.....	53
2.4. Xatoliklarni teskari tarqalish usuli.....	61
2.5. Perseptron modeli.....	76
2.6. Neyron to'qli klasterlash usullari.....	81
2.7. Koxonen o'z-o'zini tashkil etuvchi neyron to'rlari.....	96
2.8. Radial neyron to'rlar.....	100
2.9. Rekurrent to'rlar.....	111
2.10. Xemming neyron to'ri.....	115
2.11. Avtoassotsiativ to'rlar.....	119
III BOB. NEYRON TO'RLARINI O'QUV JARAYONIGA QO'LLASH	123
3.1. Qo'yilgan masalaga mos keluvchi neyron tarmog'ini qurish.....	123
3.2. Neyron to'rini rasmiylashtirish.....	131
3.3. Eslab qolish mexanizmini modeli.....	136
3.4. Tipik neyron to'rlaridan foydalanish.....	138
3.5. Neyrotarmoq energetikasi.....	145
3.6. Neyron to'rlari asosida yechiladigan masalalar.....	146
3.7. Neyron to'rlarini amalga oshirish usullari.....	149

3.8. Informatika fanida algoritmlash asoslari mavzusini o'zlashtirish masalasiga sxematexnikaviy yondashuv asosida mos neyron to'rini qurish.....	154
3.9. Neyrotarmoq texnologiyasi asosida informatika fanini algoritmlash asoslari mavzusini moslashgan (adaptiv) o'qitish metodikasi.....	164
3.10. Neyron to'ri yordamida o'quvchining bilimini baholash.....	170
Xulosa.....	181
Foydalanilgan adabiyotlar.....	183